SPIXIANA	21	1	69–94	München, 01. März 1998	ISSN 0341-8391

Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Bodenfallen in der synökologischen Forschung

Volkmar Kuschka

Kuschka, V. (1998): Chances and limitations of the application of pitfall-traps in the synecological research. – Spixiana **21/1:** 69-94

Pitfall-trapping is a measuring method for the activity abundance of active walking, trapable semaphoronts of the ground surface. Its results are influenced in different ways by the following mistakes: Cannibalism and predation, escape, attractive or repellent signal-effects, artifical stimulated activity, effects of competing and empty-catching traps, hindrance-effects of the trap-border, immission and importation of organisms into the trap. These mistakes can be minimized by corresponding precautions and the application of special types of traps if the pitfall-trapping is limitated to groups of semaphoronts it is suitable for. The so-called "fraction trap" with propantriol as preservative is especially suitable for synecological questions. The abundance can be calculated from the activity abundance for semaphoronts ≥ 6 mm using the separate measured radius of action. The pitfall-trapping is to be arranged in a harmonized way into the complex of synecological methods.

Volkmar Kuschka, Museum für Jagdtier- und Vogelkunde des Erzgebirges, Schloß Augustusburg, D-09573 Augustusburg, Germany.

1 Einführung

Der Bodenfallenfang hat sich in den vergangenen Jahrzehnten als eine Standardmethode der Ökologie, Faunistik und angewandter Disziplinen etabliert. Zahlreiche Vorteile, die hier nicht wiederholt werden sollen, verhalfen dieser automatischen Fangmethode zu solch breiter Anwendung. Verschiedene Autoren weisen aber auch auf deren Grenzen hin (Bombosch 1962, Skuhravy 1964, Goddard 1979 u.a.). Anliegen dieser Publikation ist es, die realen Möglichkeiten, potentielle Fehlerquellen und Grenzen des Einsatzes dieser Methode in der synökologischen Forschung herauszuarbeiten.

Die Synökologie untersucht die höchste Stufe biotischer Organisation, das Ökosystem (als dialektische Einheit von Biozönose und Biotop). Da alle Organismen der Biozönose Populationen bzw. Teilpopulationen angehören, besteht ein enger Zusammenhang zwischen populations- und synökologischen Problemstellungen. Synökologische Forschung führt oftmals über vier Erkenntnisstufen:

1. Abgrenzung und beschreibende Inventarisierung der Biozönose
2. qualitative Einordnung der Semaphoronten in das Netz trophischer Beziehungen der Biozönose
3. quantitative Beschreibung der Raum- und Zeitstruktur sowie der Dynamik des Ökosystems und Bilanzierung des Stoff- und Energieflusses im Ökosystem
4. Darstellung kausaler Zusammenhänge und Ökosystemmodellierung

(H. J. Müller 1984).

Welchen Beitrag vermag der Bodenfallenfang dazu zu leisten? Die klassische Bodenfalle (zu abgeleiteten Methoden siehe Kap. 5) fängt laufaktive, "fallengängige" Tiere (s. Kap. 4) des Epigaions (Dunger

& Fiedler 1989). Das Epigaion ist eigentlich keine eigenständige Stratozönose, sondern repräsentiert die Teile der edaphischen und hypergäischen Fauna, die die Bodenoberfläche als Grenzbereich zwischen Boden und Atmosphäre frequentieren.

An dieser Stelle ist anzumerken, daß die Definition der Bodenoberfläche selbst nicht ganz unproblematisch ist. Besonders in biomassereichen Sumpf- und Salzwiesen kann sich eine derartige Feinschichtung von Streu und Vegetation im Bodenraum herausbilden, die praktisch einer vertikalen Abfolge mehrerer "Bodenoberflächen" gleichkommt (Heydemann 1961a, Kuschka 1986). Noch problematischer ist die Abgrenzung der Bodenoberfläche auf geröllreichen Hängen (Růžička 1988b). Aber selbst eine wenig differenzierte Nadelstreu stellt keine zweidimensionale Fläche im Sinne der Euklidischen Geometrie dar. Die tatsächlich im Einzugsbereich der Fallen liegende "Fang-Oberfläche" ist von der "Bodenoberfläche" zu unterscheiden. Bei zahlreichen Arten ist auch nur ein Teil der Population auf der Bodenoberfläche aktiv, während sich der Rest in anderen Straten bewegt. So findet man viele Carabidenlarven und einige Carabidenimagines (Arndt & Arndt 1987, Loreau 1987, J. K. Müller 1986) im Porensystem des Bodens, *Calosoma* (Arndt & Arndt 1987) und Kanker sind auch wesentlich in der Vegetation aktiv.

Damit sind die Zielgruppe und der räumliche Ausschnitt des Ökosystems, die mittels Bodenfallenfang erfaßbar sind, grob umrissen. Es wird deutlich, daß dieser nur ein Baustein des synökologischen Methodenkomplexes ist. Von Bodenfallen sind vor allem folgende Ergebnisse zu erwarten:

1. Sie erfassen innerhalb ihres Wirkungsbereiches einen Teil des Arteninventars der Biozönose. Über eine entsprechende Art-Areal-Kurve lassen sich die Gesamtartenzahl und damit Artendichte und Diversität dieser Zielgruppe abschätzen (Dunger & Fiedler 1989, Uetz & Unzicker 1976, Růžička 1987). Eine vollständige Artenliste wird allerdings häufig wegen des dazu erforderlichen hohen Arbeitsaufwandes nicht erreicht (Bombosch 1962, Adis 1979).
2. Die so dokumentierte räumliche Koexistenz verschiedener Arten ist ein Hinweis auf deren mögliche trophische bzw. kompetitive Beziehungen (J. K. Müller 1984, Uetz & Unzicker 1976, Růžička 1987, Heydemann 1961a).
3. Tages- und jahresperiodische sowie langfristige Fluktuationen und Oszillationen der Populationsparameter, die sich im Fangergebnis niederschlagen, sind Ausdruck der zeitlichen Struktur des Ökosystems und dessen Dynamik (J. K. Müller 1984, Adis 1979, Obrtel 1971, G. Müller 1978, Heydemann 1956a, 1961a, Grimm et al. 1974). Durch entsprechende Methoden (Sektorfallen, Zeitfallen usw.) sind Aussagen über Immigration und Emigration von Teilpopulationen, deren Aktivitätsphasen und demographische Daten zu gewinnen (J. K. Müller 1984, Adis 1976, 1979, Grimm et al. 1974, Heydemann 1961b, Dunger & Fiedler 1989).
4. Der quantitative Fang repräsentativer Populationsteile vieler Arten ermöglicht Rückschlüsse auf deren biozönotisch-produktionsbiologische Bedeutung und Raumbeherrschung (Heydemann 1961b, Honek 1988, Schwerdtfeger 1975, J. K.Müller 1984, Obrtel 1971). Die quantitative Auswertung von Bodenfallenfängen liefert somit einen Teil der Basisdaten zur Analyse und Modellierung terrestrischer Ökosysteme.

2 Material und Methode

In die Vorbereitung dieser Arbeit wurden die Fallenergebnisse der Jahre 1985/86 aus dem Naturschutzgebiet (NSG) "Gülper See" bei Rathenow/Brandenburg (Kuschka 1986) und der Jahre 1988/89 aus dem Flächennaturdenkmal (FND) "Rutsch" bei Flöha/Sachsen einbezogen. Im NSG "Gülper See" waren 12 Formalin- und 16 Lebendfallen aus Glas insgesamt 14936.0 und 17731.8 Fangstunden im Einsatz. Außerdem wurde hier erstmals die "Fraktionsfalle" (s. Kap. 5.) 2188.5 Fangstunden getestet. Im Jahre 1988 waren im FND "Rutsch" 21 "Fraktionsfallen" insgesamt 26691.5 Stunden fängig. Die Untersuchungen im Frühjahr 1989 dienten speziell dem Vergleich von glycerolbestückten Glasfallen und "Fraktionsfallen" (je 15) (Glasfallen: 19.313 Fangstunden; "Fraktionsfallen": 18810 Fangstunden). Die Theoretische Fängigkeit (nach Kuschka et al. 1987) erreichte folgende Werte:

Lebendfallen im NSG "Gülper See"	63.94
"Fraktionsfallen" im FND "Rutsch" 1988	84.00
"Fraktionsfallen" im FND "Rutsch" 1989	119.95

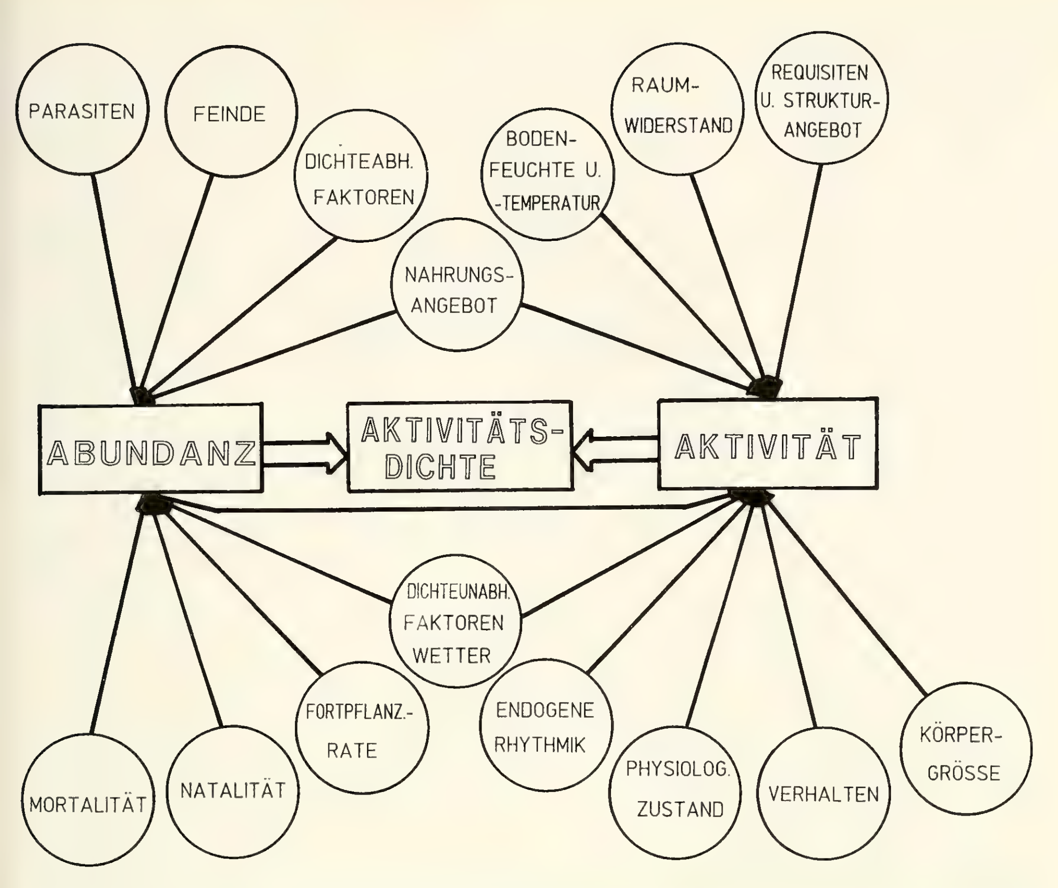


Abb. 1. Vereinfachtes Schema der Beziehungen zwischen Abundanz, lokomotorischer Aktivität, Aktivitätsdichte und exogenen sowie endogenen Einflußfaktoren.

Die Fallen im NSG "Gülper See" waren durch Dächer aus Hartfaserplatte, die im FND "Rutsch" durch Pappdächer, die mit Alkydharzfarbe gestrichen wurden, vor Niederschlag und Fallaub geschützt. In beiden Untersuchungsgebieten wurden die Aktionsradien ausgewählter Arten entsprechend der, in Kuschka et al. (1987) beschriebenen, Markierungs-Wiederfang-Methode bestimmt. Spezielle Experimente und Auswertungsmethoden zur Klärung von Detailfragen werden an entsprechender Stelle im Text beschrieben.

3 Messung quantitativer Daten mittels Fallenfang

Ein Tier wird dann in einer Bodenfalle gefangen, wenn es 1. sich auf der ("Fang-") Bodenoberfläche bewegt und 2. im Fangzeitraum den Fallenöffnungsrand überschreitet. Damit ist die Bodenfalle ein Meßinstrument zur Messung der Aktivitätsdichte (Balogh 1958, Heydemann 1961b) epigäischer, laufaktiver Tiere. Die Aktivitätsdichte einer Semaphorontengruppe wird durch deren Abundanz und lokomotorische Aktivität (meßbar als Aktionsradius) bestimmt (Abb.1) (Banerjee 1970 u.a.). Beide Größen stehen ihrerseits wiederum mit einer Vielzahl von Parametern im Zusammenhang, die hier nicht erschöpfend erläutert werden können. Die aktuelle Abundanz wird durch einen weitgehend selbstregulativen Rückkopplungsmechanismus determiniert, wie ihn Wilbert (1962) modellhaft faßte. Gegenüber der Abundanz ist die lokomotorische Aktivität, die im folgenden besonders besprochen sei, kurzfristigeren Veränderungen unterworfen. Tembrock (1982) nennt folgende Motivationen für Loko-

motorik (als Bewegung im Dienste der Ortsveränderung):

- Raum-Zeit-Ansprüche
- Stoffwechselansprüche
- Schutzansprüche
- Informationsansprüche
- Partneransprüche.

Diese Ansprüche sind vom physiologischen Zustand, der aktuellen Situation des Tieres sowie seinem Verhaltensmuster abhängig (Petrusewicz 1967, J. K. Müller 1984, G. Müller 1976, Kirchberg 1969, Vlijm & Richter 1966, Thomas & Sleeper 1977). Aktivitätsrelevant können der Ernährungszustand (J. K. Müller 1984, Grüm 1971a,b), die Fortpflanzungsreife (J. K. Müller 1984, Kirchberg 1969, Vlijm & Richter 1966, Granström 1973, Baars 1979/80), der Häutungs- (Dunger & Fiedler 1989) und der Gesundheitszustand des Tieres sein. So wurden vielfach Beziehungen zwischen endogener Rhythmik (besonders im Zusammenhang mit der Fortpflanzung) und der lokomotorischen Aktivität bei Carabiden beobachtet (Stein 1965, Mletzko 1972, J. K. Müller 1984, Ericson 1979, Baars 1979/80, Löser 1971). Von Wolfsspinnen ist bekannt, daß die Männchen in der Paarungszeit weit laufaktiver als die Weibchen sind (Vlijm & Richter 1966, Heydemann 1961b, Granström 1973). Ein Beispiel für die Verhaltensabhängigkeit der lokomotorischen Aktivität ist auch die erhöhte Neigung vieler Erigoniden-Weibchen zum Netzbau, die sich in deren geringerer Fangquote niederschlägt (Heydemann 1961b, De Keer & Maelfait 1988). Die Populationsdichte kann im Zusammenhang mit der Befriedigung der oben genannten Ansprüche aktivitätsfördernd oder -hemmend wirken (Grüm 1971a,b, Kaczmarek 1978, Fechter 1977). Andererseits wird die lokomotorische Aktivität über Migrationen unmittelbar zum Stellglied der Populationsdichteregulation.

Setzt man die oben genannten Ansprüche der Individuen zu ihrem Habitat in Relation, dann sind die Einflüsse von Nahrungs-, Requisiten- und Strukturangebot, Bodenfeuchte und -temperatur, Raumwiderstand und anderen dichteunabhängigen Faktoren auf die Aktivität verständlich. Feuchtigkeit und Temperatur bestimmen wesentlich den physiologischen Zustand der Tiere und nehmen so Einfluß auf deren lokomotorische Aktivität, können aber auch im Sinne des Aufsuchens optimaler mikroklimatischer Bedingungen zum Lokomotionsauslöser werden. Bekannt ist z.B. der negative Einfluß von niedrigen Temperaturen und Regen auf die Aktivität von Carabiden und Lycosiden (Ericson 1979, Honek 1988). Für die angestrebte synökologische Auswertung der Fallenfangergebnisse sind insbesondere Witterungseinflüsse störend und sollten durch ausreichend lange Fangperioden und die Berücksichtigung entsprechender Wetteraufzeichnungen in der Auswertung so weit als möglich eliminiert werden.

Der Raumwiderstand ist im Sinne von Heydemann (1956b) “der Umweltwiderstand, der der Aktivität der Tierwelt in den verschiedenen Schichten der Lebensräume hemmend entgegenwirkt und von der Struktur des gedachten Quer- oder Längsschnittes der geologischen und floristischen Aufbauelemente eines Biotops verursacht wird.” (S. 332). Er ist schwer quantifizierbar und eine allgemeingültige Methode zu dessen Messung ist bisher noch nicht gefunden. Das Hauptproblem stellt allerdings die Tatsache dar, daß der Raumwiderstand wesentlich von Größe, Körperbau und Fortbewegungsweise der Tiere mitbestimmt wird und somit nicht summativ für ein Ökosystem oder auch nur einen Abschnitt der Bodenoberfläche angegeben werden kann. Möglichkeiten der Quantifizierung dieses Faktors sollen in einer separaten Arbeit diskutiert werden.

Das Verhältnis von Nahrungsangebot und -bedarf bestimmt bei Arten, die aktiv ihre Nahrung aufsuchen, wesentlich die lokomotorische Aktivität (J. K. Müller 1984, Uetz & Unzicker 1976, Grüm 1971a,b, Baars 1979/80, Vlijm & Richter 1966, Heydemann 1961b, Honek 1988). Andererseits induziert diese unmittelbar Energie- und damit Nahrungsbedarf (Tembrock 1982, Heydemann 1961b). Nahrungsbedarf und lokomotorische Aktivität korrelieren bei vielen Tieren positiv (J. K. Müller 1984, Grüm 1971a, Vlijm & Richter 1966), denn mit zunehmender Lokomotionsgeschwindigkeit und zurückgelegtem Weg nimmt deren Energiebedarf zu. Dadurch ist die Aktivitätsdichte lokomotorisch aktiver Semaphoronten besser als die Abundanz geeignet, deren produktionsökologische Bedeutung im Ökosystem einzuschätzen (Schwerdtfeger 1975, J. K. Müller 1984, Obrtel 1971, Růžička 1987, Heydemann 1961b, Schaefer 1972).

Die Aktivitätsdichten stark in ihrer Körpergröße differierender Tiere sind nicht vergleichbar, denn sie entsprechen einem völlig unterschiedlichen Energie-Turnover. Um dennoch zu synökologischen Aussagen zu gelangen, bildet man Größenklassen (Schwerdtfeger 1975, Tischler 1955, Růžička 1982-84,

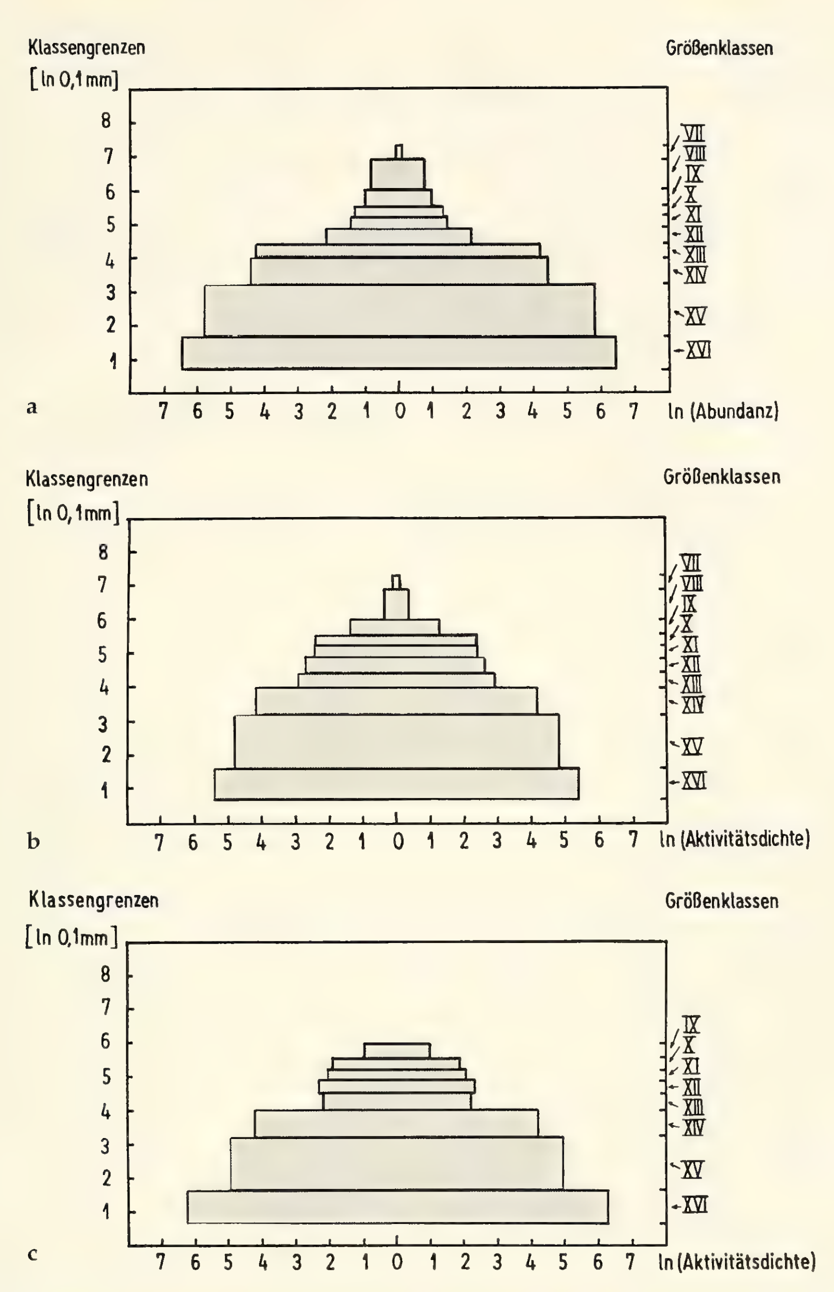


Abb. 2. Größenklassenpyramiden der oberflächennahen Bodenfauna bzw. des Epigaions im FND "Rutsch" (Größenklassifikation nach Kuschka et al. 1987). **a.** Abundanzverteilung entsprechend den Ergebnissen von Bodenproben (Ind./m^2). **b.** Aktivitätsdichteverteilung entsprechend glycerolgefüllten Glasfallen (Ind./d · m). **c.** Aktivitätsdichteverteilung entsprechend glycerolbestückten Fraktionsfallen (Ind./d · m).

Kuschka et al. 1987). Der Vergleich der Größenklassenpyramiden des Fallenfanges und der Abundanz der Bodenfauna eines Gebietes zeigt, daß mit zunehmender Körpergröße die Aktivitätsdichte in wachsendem Maße von der lokomotorischen Aktivität der Tiere geprägt ist. Diese gleicht die mit steigender Körpergröße abnehmende Abundanz teilweise aus (Abb. 2).

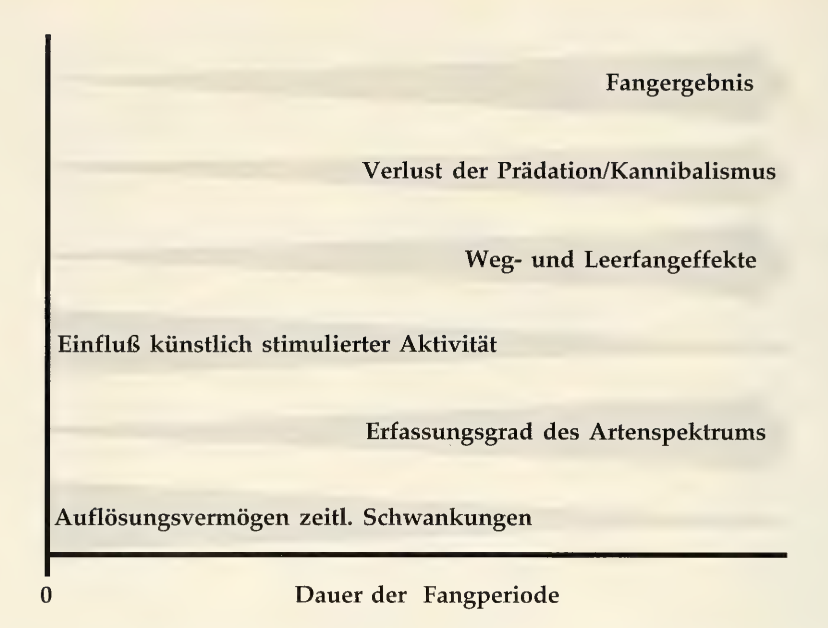


Abb. 3. Vereinfachtes Schema der Abhängigkeit von Einflußfaktoren und Eigenschaften der Fangergebnisse von der Dauer der Fangperiode.

Die Abundanz (Populationsdichte) korreliert mit der Biomasse der Population und repräsentiert so gewissermaßen die stoffliche Seite. Entsprechend wurde von verschiedenen Autoren versucht, die Abundanz indirekt aus Fallenfangergebnissen zu ermitteln (Skuhravý 1956b, J. K. Müller 1984, Baars 1979, Grüm 1971b, Dunger & Fiedler 1989, Kuschka et al. 1987). Dabei wurde die Korrelation der Aktivitätsdichte mit der Abundanz nachgewiesen und mathematisch modelliert (Braune 1974, Baars 1979, J. K. Müller 1984, Adis 1979, Ericson 1979, G. Müller 1976, Heydemann 1961b, Fechter 1977). Viele der aus den mathematischen Modellen abgeleiteten Methoden der Abundanzberechnung (vgl. Kap. 5.3.) setzen neben der Aktivitätsdichte die Messung der lokomotorischen Aktivität (als Aktionsradius/Zeit) voraus. Entsprechende Meßmethoden sind in Kap. 5.2. ausführlich diskutiert.

Die Aktivitätsdichte- und Abundanzwerte (im Sinne von Individuendichte) der Semaphorontengruppen fließen im Idealfall, gemeinsam mit den Ergebnissen weiterer Untersuchungsmethoden, in die Inventarisierung der entsprechenden Straten der Biozönose ein. Ein Vergleich des Epigaions verschiedener Ökosysteme ist aber auch schon auf der Basis von Bodenfallenfängen allein möglich. Mit der Berechnung des relativen Anteils der Arten an der Gesamtaktivitätsdichte bzw. Gesamtabundanz (als Aktivitätsdominanz bzw. Dominanz) läßt sich die Bedeutung dieser im Stoff- und Energiewechselgefüge des Ökosystems abschätzen. Dabei müssen unterschiedliche Typen der Konsumtionsweise und, innerhalb dieser, Größenklassen als Vergleichskategorien getrennt betrachtet werden.

Sowohl Abundanz als auch Aktivitätsdichte unterliegen periodischen und aperiodischen Schwankungen, die als aspektbedingte Jahresperiodik und langfristige Sukzessionsprozesse Gegenstand synökologischer Forschung sind. In diesem Zusammenhang verdient der Zeitfaktor des Bodenfallenfanges Beachtung. Grundsätzlich steigt mit zunehmender Anzahl Fangperioden und abnehmender Fangzeit/Periode das "Auflösungsvermögen" hinsichtlich zeitlicher Aktivitätsdichteschwankungen (Abb. 3). Mit abnehmender Fangzeit/Periode ist aber auch eine Zunahme der statistischen Unsicherheit der Ergebnisse durch abnehmende Fangquoten verbunden. Diese ist durch Erhöhung der Fallenzahl auszugleichen (Bombosch 1962).

Die Einhaltung optimaler Fangzeiten, verbunden mit optimalen Fallenzahlen und -dichten hat wesentlichen Einfluß auf die Aussagefähigkeit der Ergebnisse (s. Kap. 5). Um die dominanten Artenkombinationen verschiedener Biogeozönosen vergleichen zu können, sind Untersuchungszeiträume von mindestens einer Vegetationsperiode notwendig. Im Rahmen des damit verfügbaren Datenmaterials bietet es sich an, zusätzlich die dominante Artenkombination auch zeitlich entsprechend der

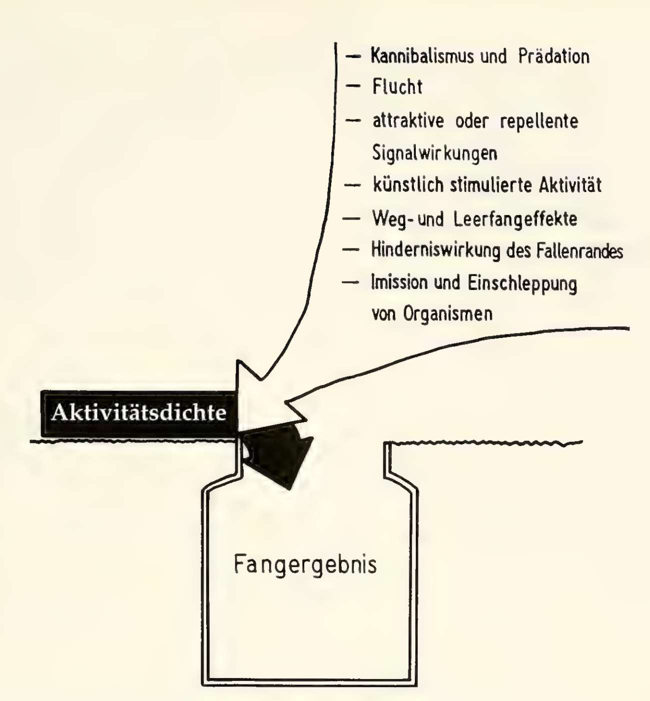


Abb. 4. Fehler bei der Messung der Aktivitätsdichte mittels Bodenfallen.

Aspekte zu differenzieren. Dabei sei die quantitativ-strukturelle Seite betont, indem die Aspekte als Aktivitätsdichtemaxima aufgefaßt werden.

Mit Hilfe eines Computermodells wurde geprüft, inwieweit Bodenfallenergebnisse das räumliche Verteilungsmuster der Individuen widerspiegeln. Es zeigte sich, daß sowohl Zufallsbewegung als auch gerichtete Bewegung des Tieres in variabler Richtung innerhalb kürzester Zeit jedes anfängliche Verteilungsmuster in eine Zufallsverteilung wandeln. Lediglich der ausgesprochen unwahrscheinliche Fall, daß alle Tiere gleichmäßig verteilt sind und sich parallel zueinander bewegen, würde wieder zu einer gleichmäßigen Verteilung führen. Es ist außerdem zu beachten, daß mit dem Fallenfang der Weg des Tieres an zufälliger Stelle abgeschnitten wird, die bis zur Falle zurückgelegte Wegstrecke also auch dem Zufall unterliegt. Damit können die Fangzahlen der Fallen weder das Verteilungsmuster der Individuen einer Population zu einem bestimmten Zeitpunkt, noch deren mittleres Verteilungsmuster im Fangzeitraum widerspiegeln. Die Berechnung von Dispersionsparametern aus Fallenfangergebnissen ist folglich inhaltslos.

4 Fehlerquellen bei der Messung der Aktivitätsdichte

Das voranstehende Kapitel behandelte die Aktivitätsdichte als objektive Größe, aus der sich entsprechende Aussagen ableiten lassen. Einige Autoren (Balogh 1958, Obrtel 1971, Tretzel 1955, Skuhravý 1964, Heydemann 1956a, b) setzen die Aktivitätsdichte dem Fangergebnis bzw. dessen mathematischer Bearbeitung gleich. Das Verhältnis von Aktivitätsdichte und Fangergebnis ist indes ein anderes: Die Bodenfalle ist, wie bereits erwähnt, als Meßinstrument der Aktivitätsdichte aufzufassen, das Fangergebnis also damit das Meßergebnis. Da jedes Meßinstrument mit einem mehr oder weniger großen Meßfehler behaftet ist, ist es in keinem Fall in der Lage, die Meßgröße vollkommen objektiv und richtig zu erfassen. Darin liegt der eigentlich neuralgische Punkt des Bodenfallenfanges. Wenn die praktische Aussagefähigkeit von Bodenfallenergebnissen beurteilt werden soll, dann ist das in erster Linie eine Frage des Einflusses dieser Meßfehler.

Die wesentlichsten Meßfehler der Aktivitätsdichtemessung mittels Bodenfallen sind in Abb. 4 schematisch dargestellt. Die Reihenfolge soll keine Rangfolge darstellen. Besonders bei Lebendfallen

(ohne Konservierungsflüssigkeit) spielen Kannibalismus und Prädation in der Falle eine große Rolle (Breymeyer 1966, Dunger 1963, Roth 1984/85, Heydemann 1961b). Der Umfang dieser Fangverluste hängt wesentlich von Menge und Zusammensetzung des Fanges, der Dauer dessen Verbleibs in der Falle und einer Reihe weiterer Randbedingungen ab. In erster Linie weichhäutige Tiere (besonders Spinnen) und Carabiden sind von diesen betroffen. Die Verluste an Carabiden lassen sich relativ genau bestimmen, da zumeist Teile des Chitinpanzers übrigbleiben, die mit einiger Erfahrung den Arten zugeordnet werden können (Tab. 1). Carabiden wurden meist erst nach mehreren Tagen Verbleib des Fanges in der Falle gefressen. Vielleicht sind nur bereits verendete Tiere betroffen. Auch eine Bestimmung der Verluste an Spinnen-Männchen, die im Fallenfang dominieren, ist recht genau möglich, da meist zumindest ein Taster erhalten bleibt, der die Determination ermöglicht. An Hand der durchschnittlichen Aktivitäts-Sexualindizes der betroffenen Arten läßt sich auf die Gesamtverluste hochrechnen (Tab. 1).

Weniger genau sind die Verluste weichhäutiger Tiere zu bestimmen, die Carabiden als Nahrung dienen könnten. Deshalb wurde, ausgehend von 56 Fallenergebnissen, der Zusammenhang zwischen den Fangquoten der Carabiden und weichhäutiger Kleintiere, besonders Collembolen, geprüft. Es ließ sich keine signifikante Korrelation nachweisen. Derartige Prädationsverluste haben also wahrscheinlich keinen wesentlichen Einfluß auf das Fangergebnis.

Auch Spinnen, die in der Fallenöffnung ihre Netze bauen, führen zu Prädationsverlusten (Heydemann 1961b). Vergleiche der Collembolenfänge in Fallen mit und ohne derartige Fangnetze in den Monaten Juni bis Oktober 1988 (FND "Rutsch") erbrachten zwar, mit Ausnahme des Monats Oktober, höhere durchschnittliche Fangmengen in den Fallen ohne Netz, die Unterschiede waren aber in keinem Fall signifikant. Ebenso sah das Ergebnis eines derartigen Vergleichs zwischen Fangergebnissen vom April 1989 aus.

Je nach Fallentyp und Tierart spielen Verluste durch Flucht aus der Falle eine mehr oder weniger große Rolle (Balogh 1958, Skuhravý 1964, Braune 1974, Baars 1979, G. Müller 1976, Kirchberg 1969, Luff 1975, Fechter 1977, Růžička 1982, Adis 1976, Seifert 1990). Die Verluste bei Lebendfallen sind zwar wesentlich größer als bei Fallen mit Fangflüssigkeit (Balogh 1958, Braune 1974), aber auch letztere sind nicht verlustfrei (Skuhravý 1964, Thiele 1977, Petruska 1969, Seifert 1990). Bei kriechenden Arten (besonders Annelida, Gastropoda) (Dunger 1963, Müller-Motzfeld & Hartmann 1985), guten Fliegern (besonders Diptera, Hymenoptera) (Tschirnhaus 1981, Heydemann 1956a) und Springern (besonders Orthoptera) (Müller-Motzfeld & Hartmann 1985) ist die Entkommensrate so hoch, daß praktisch keine Messung der Aktivitätsdichte mittels Bodenfallen möglich ist. Ähnliches kann auf gute Kletterer unter den Läufertypen zutreffen (z.B. Spinnen, die an ihrem Faden emporklettern, Kanker, Ameisen) (Braune 1974, Baars 1979, G. Müller 1976, Adis 1979, Seifert 1990, Dunger & Fiedler 1989). Fallaub o.ä. kann die Entkommensrate bis zur Unbrauchbarkeit der Falle steigern (Knopf 1962).

Die Verlustquote durch Kannibalismus/Prädation und Entkommen aus der Falle wurde durch Intervallfang im August 1988 untersucht (Abb. 5). Die 21 im FND "Rutsch" aufgestellten, Lebendfallen wurden in der Zeit vom 14. bis 21.8. aller 2 Tage kontrolliert. Der Fang wurde jeweils registriert und in den Fallen belassen. Er umfaßte insgesamt 53 Tiere (0.027 pro Fangstunde). Davon gingen 21 (0.012 pro Fangstunde), also 39.62 % verlustig. Ein Vergleich der Ergebnisse einer in Intervalleerung betriebenen mit einer durchlaufenden Falle zeigt, daß besonders bei Carabiden die Verluste (hier vor allem durch Kannibalismus) wesentlichen Einfluß auf die gemessene Aktivitätsdichte haben können (Tab. 1).

Tab. 1. Verluste des Fallenfanges während der Intervalluntersuchungen 1988 im FND "Rutsch" im Vergleich zu einer durchlaufenden Falle.* exclusive Acari. Alle Angaben in Fang/Fangstunde.

	Intervallfalle	durchlaufende Falle
Gesamtfang Carabidae	0,028	0,017
abzügl. Verluste	0,018	
Gesamtfang Arachnoidea*	0,003	0,003
abzügl. Verluste	0,001	
Gesamtfang Sonstige	0,003	0,003
abzügl. Verluste	0,001	
Summe Gesamtfang	0,034	0,023
abzügl. Verluste	0,020	

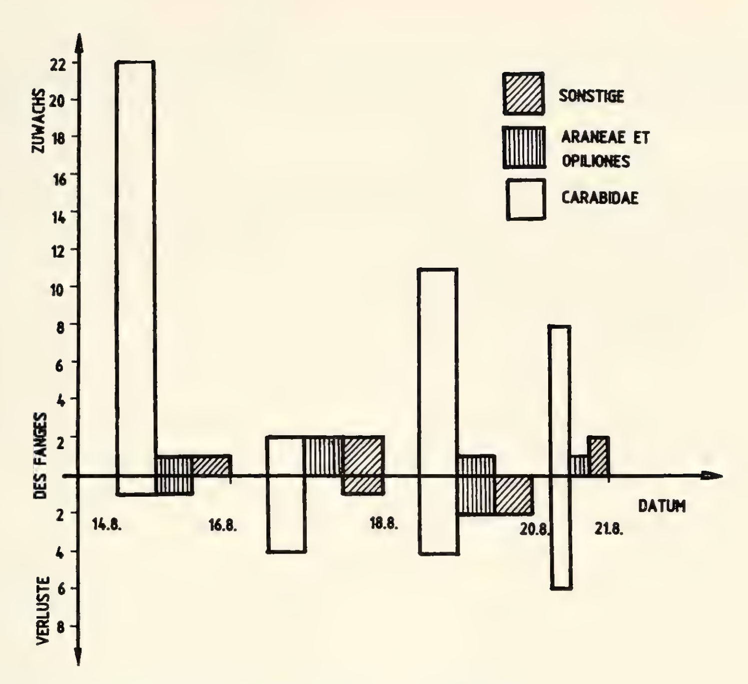


Abb. 5. Ergebnisse des Intervallfanges im FND "Rutsch", August 1988.

Diese Verluste spiegeln sich auch im Größenklassenspektrum des Fallenfanges wider (Abb. 2). Das Fehlen der Größenklassen VIII und VII im Fang der Fraktionsfallen gegenüber den gleichzeitig aufgestellten Glasfallen ist vorwiegend der Flucht von Nacktschnecken und z.T. Kleinsäugern zuzurechnen (vgl. Kap. 5.1.).

Fallen können als Fremdkörper in der natürlichen Umwelt generell Verhaltensänderungen von Tieren hervorrufen, die entweder zu einer künstlich erhöhten (Attraktion) oder verringerten (Repellenz) Fangquote führen. Von der Falle ausgehende, chemische, physikalische und komplex-strukturbedingte Signale lösen diese Verhaltensänderungen aus. Stärke, Wirkungsraum und Bewertung (attraktiv, repellent, neutral) dieser Signale werden von einem Komplex semaphorontenabhängiger (Art, Alter, Geschlecht, Entwicklungsstadium, physiologischer Status usw.) und semaphorontenunabhängiger Faktoren (Witterung, Raumstruktur des Ökosystems, Nahrungs- und Strukturangebot usw.) bestimmt. Dadurch ist deren Einfluß auf die gemessene Aktivitätsdichte prinzipiell unberechenbar. Beköderte Fallen, die die attraktive Wirkung des Köders auf bestimmte Tiere ausnutzen, sind für synökologische Fragestellungen unbrauchbar und für autökologische Aufgaben zumindest fragwürdig.

Von zahlreichen Autoren wird die chemische Signalwirkung der Fangflüssigkeit diskutiert (Tab. 2). Für die meisten untersuchten Stoffe konnte diese wahrscheinlich gemacht werden. Auf der Suche nach einer Alternative erprobte der Autor deshalb ein Glycerol-Wasser-Gemisch (2:1). Glycerol ist geruchsneutral, kann aber bei längerem Einsatz Geruch durch den Fang annehmen. Dieses Gemisch bietet den Vorteil, ungiftig und preiswert sowie kaum von Verdunstungsverlusten betroffen zu sein. Ein Vergleich der Fangergebnisse von Fraktionsfallen (siehe Kap. 5) mit Glycerol, lebend-fangenden Glasfallen und solchen mit Formalin ermöglicht Rückschlüsse auf mögliche Signalwirkungen des Glycerol-Wasser-Gemisches (Tab. 3) (Einsatz August/September 1985 im NSG "Gülper See"). Sieht man von den überlagernden Wirkungen von Kannibalismus/Prädation und der Attraktion durch Formalin (besonders Carabidae) ab, ist lediglich bei den Myriapoda eine attraktive Wirkung des Glycerols nicht auszuschließen.

Neben der Fangflüssigkeit kann auch der Fang selbst Ausgangspunkt chemischer Signale sein. Bekannt ist vor allem die attraktive Wirkung verwesender Tiere (besonders von Kleinsäugern) auf aasfressende Arten (Müller-Motzfeld & Hartmann 1985, Renner 1981/82, Tschirnhaus 1981, Dunger 1963, Geiler & Bellmann 1974), die sich auch in Tabelle 3 bei den Catopidae und Silphidae widerspie-

gelt. Über die Wirkungen der Pheromone, die viele Insektenarten im Dienste der Partnersuche, der Aggregation von Individuen oder auch der Warnung vor Gefahren abgeben, auf das Fallenergebnis ist noch wenig bekannt (Adis 1976, Thomas & Sleeper 1977, Seifert 1990). Neben auf chemischer Signal-

Tab. 2. Auswertung der Literatur zur chemischen Signalwirkung unterschiedlicher Fangflüssigkeiten. Diese Übersicht entstand unter Verwendung folgender Quellen: 1. Skuhravý 1964; 2. Geiler 1954/55; 3. Skuhravý 1970; 4. Heydemann 1956a; 5. Adis 1979; 6. Adis & Kramer 1975/76; 7. Braune 1974; 8. Renner 1981/82; 9. Dunger 1963; 10. Ericson 1979; 11. G. Müller 1976; 12. Gottschalk 1958; 13. Greenslade & Greenslade 1971; 14. Adis 1976; 15. Seifert 1990; 16. Bährmann 1976; 17. Geiler & Bellmann 1974; 18. Ohnesorge 1953 (zitiert nach Renner 1981/82). In der Spalte "Fangflüssigkeit" wurde an erster Stelle der Name laut chemischer Nomenklatur und in Klammern der gebräuchliche Trivialname vermerkt. Erklärung der Abkürzungen: I: indifferent; A: attraktiv; R: repellent.

Fangflüssigkeit	Wirkung	betroffene Sippen	Quellen
Ethandiol	A	Brachycera	2
(Ethylenglykol,	R	Spinnen	17
Glykol)	A	Nacktschnecken	4; 5; 9; 11
	I	Insekten	11
niedere Aldehyde	A	Fichtenrüßler	18
Methanal-Lösung (Formaldehyd)	A	Carabidae	1; 3; 5; 6; 7
	A	Lathridiidae	8
	A	*Pterostichus cupreus*	10
	A	Diptera, Coleoptera	11
	R	Gastropoda, Bibionidae, Elateridae	14
	A	sonst. Coleoptera, Lithobiidae, Araneae	14
	R	*Formica rubra*	15
Pentanal	A	*Carabus problematicus*	6
Heptanal	A	*Carabus problematicus*	6
Methanol-Lösung	A	*Leptocera* spec.	16
Methanol	I	Ameisen	5
Ethanol	A	Coleoptera	8
	A	Diptera	8
Brennspiritus	A	*Cryptophagus dentatus*	8
	A	Lathridiidae	8
	A	Histeridae, Scolytidae, Cuculionidae	13
Ethanol/Propantriol-(Glycerol-) Gemisch	A	Hypogastrura (Collembola)	13
	A	Fomicidae	13
Ethanol-Ethansäure-	A	*Aleochara* spec.	8
Wasser-Gemisch	A	Diptera	8
	A	Catopiden, Silphiden	8
Ethansäure	A	*Aleochara* spec.	8
(Essigsäure)	A	Diptera	8
Oktanol	A	blütenbesuchende Staphylinidae	12
2, 4, 6-Trinitrophenol (Pikrinsäure)	I	*Carabus problematicus*	5; 6
	A	Bibioniden, Gastropoda, Elateriden	14
	I	Myriapoda, Arachnida, sonst. Coleoptera	14
	A	kleine Arachnida	14
Kaliumbichromat-Lösung	I-A	Kleinarthropoden	9
Trinatriumorthophosphat-Lösung	I-A	Kleinarthropoden	9
Wasser	A	Kleinarthropoden	8
	I	Kleinarthropoden	4; 11
	A	*Pt. oblongopunctatus*	14

wirkung beruhenden Ködereffekten gefangener Tiere sind optische Lockwirkungen dieser nicht auszuschließen (Braune 1974).

Sowohl die Fallen selbst (als "Mikrohöhlen") als auch die Fallendächer können kleinräumig das Klima verändern oder anderweitig physikalische Signalwirkung haben. Verschiedene Autoren weisen vor allem hin auf:

- den Schatteneffekt, verbunden mit Erhöhung der Luftfeuchte und Senkung der Temperatur, durch das Dach (Dunger & Fiedler 1989, Růžička 1982, Bombosch 1962, Heydemann 1956a, G. Müller 1976, Joosse 1965, Dunger 1963, Baars 1979, Adis 1979, Geiler 1963, Thomas & Sleeper 1977)
- die mögliche Brennglaswirkung von durchsichtigen Dächern (G. Müller 1976, Dunger & Fiedler 1989)
- die optische Signalwirkung farbiger Fallendächer (Baars 1979) und von farbigen Fangflüssigkeiten, wie Pikrinsäure (Adis 1976)
- mögliche Austrocknungseffekte durch Niederschlagsabschirmung des Fallendaches (Dunger 1963)

Der Einfluß lackierter Pappdächer auf das Mikroklima wurde im August 1988 im FND "Rutsch" untersucht. Einer durchschnittlichen relativen Luftfeuchte von 62.20 % im Untersuchungsgebiet stehen 74.23 % in der Falle gegenüber. Die durchschnittliche Augenblickstemperatur von 20.31 °C im Gebiet wurde mit 19.79 °C in der Falle unterschritten. Der t-Test weist eine mit 99 % Sicherheit signifikant höhere Durchschnittsluftfeuchte in der Falle aus. Beachtet man jedoch, bei Anwendung des F-Tests, die größere Streuung der Luftfeuchte im Untersuchungsgebiet, ist der Unterschied nicht signifikant. Die Temperaturdifferenzen sind nicht signifikant. Durch die Falle bzw. Fallendächer entstehen also Luftfeuchteverhältnisse, die dem oberen Bereich natürlicher Schwankungen entsprechen und Temperaturverhältnisse entsprechend dem unteren Bereich dieser. Die Signalwirkung ist damit nicht größer, als sie auch von den natürlichen mikroklimatischen Bedingungen ausgeht.

Zu den physikalischen Signalen zählen auch Veränderungen der Boden- und Raumstruktur im unmittelbaren Umfeld der Falle, sei es durch Niedertrampeln der Vegetation bei Entnahme der Falle oder die, von einigen Autoren vorgeschlagene, bewußte Veränderung der Bodenoberfläche (Braune 1974, Renner 1981/82, Flatz 1986, Baars 1979). Es ist empfehlenswert, diese durch eine entsprechende Methodik (siehe Kap. 5) möglichst gering zu halten (Flatz 1986).

Schließlich wirkt die Hohlraumstruktur der Falle auch als Signal. Vor allem verschiedene Spinnenarten nutzen diese zum Bau ihrer Netze (Heydemann 1961b, G. Müller 1976) (Tab. 4). Auf die möglichen Prädationseffekte dieser Spinnen wurde bereits hingewiesen. Auch Käfer und andere Tiere nutzen teilweise besonders Lebendfallen als Refugium (Adis 1979, Dunger 1963, Dunger & Fiedler 1989, Geiler & Bellmann 1974), entwickeln also eine gerichtete und damit erhöhte lokomotorische Aktivität in Richtung der Falle.

Tab. 3. Vergleich der Ergebnisse der Lebendfallen, Formalinfallen und Fraktionsfallen (mit Glycerol), die parallel im NSG "Gülper See" zum Einsatz kamen. Alle Angaben in Fang/Fangstunde:

Taxon	Lebendfallen	Formalinfallen	Fraktionsfallen
Carabidae	0,0045	0,0618	0,0105
Staphylinidae	0,0297	0,1320	0,0731
Catopidae	0,0077	0,0108	0,0005
Silphidae	0,0021	0,0005	0
sonstige Coleopt.	0,0088	0,0466	0,0174
Linyphiidae et Erigonidae	0,0031	0,067	0,0059
Phalangiidae	0,0007	0,0044	0
Tetragnathidae	0	0,0020	0
Lycosidae	0	0,0029	0,0009
Acari	0,0360	0,0942	0,0265
Collembola	0,0088	0,1697	0,1083
Myriapoda	0,0011	0,0039	0,0078
Diptera	0,0266	0,0868	0,0251
Hymenoptera	0,0011	0,0206	0,0224
Sonstige	0,0081	0,0711	0,0064

Selbst exakteste Arbeitsweise des Untersuchenden kann nicht verhindern, daß der Fallenrand einen krassen Medienwechsel für die epigäisch aktiven Tiere darstellt. Dieser ist einerseits durch das Porensystem des Bodens selbst, das keinen völlig nahtlosen Übergang zur Falle zuläßt, und andererseits durch die Dicke des Fallenrandes (meist einige mm!) bedingt. Für einige Tiere stellt dieser Medienwechsel ein Hindernis dar, daß sie zum Umkehren am Fallenrand veranlaßt und damit deren Unterrepräsentanz im Fang bedingt (Braune 1974, Adis 1979, Heydemann 1961 b, Seifert 1990, Renner 1981/82). Durch die unvermeidbaren Poren zwischen Bodenpartikeln und Fallenrand ist das Größenklassenspektrum der mit Bodenfallen quantitativ erfaßbaren Tiere nach unten begrenzt (Adis 1979, Skuhravý 1964, Loreau 1984) (Abb. 2).

Adis (1979), Joosse (1965), Joosse & Kapteijn (1968), Greenslade (1973) und Franke et al. (1988) weisen darauf hin, daß Begängnis des Untersuchungsgebietes durch den Experimentator und andere Personen sowie die Aktivitäten beim Eingraben und Entnehmen der Falle ("digging-in effect") die lokomotorische Aktivität bestimmter Tiere (Formicoidea, Collembola, Araneae) künstlich erhöhen. Um den Einfluß dieser Effekte zu testen, wurden die Fangquoten von Collembolen aus 17 Bodenfallen (FND "Rutsch") der Monate Juli und August 1988 verglichen. Erfolgten im Juli drei Kontrollen während der Fangperiode, so wurden im Zuge der Intervalluntersuchung im August die Fallen sechsmal kontrolliert. Im Ergebnis stehen 4168 Fängen im Juli, 2812 im August gegenüber. Das entspricht einer Aktivitätsdichte von 132.45 $d^{-1} \cdot m^{-1}$ im Juli und 87.85 $d^{-1} \cdot m^{-1}$ im August. Stellt man den Einfluß der Feuchtigkeit auf die lokomotorische Aktivität der Collembolen entsprechend den Angaben von Bauer (1979) in Rechnung (lineare Korrelation vorausgesetzt), ergeben sich für den August entsprechend der Witterung korrigierte Aktivitätsdichtewerte zwischen 117.90 und 164.35 $d^{-1} \cdot m^{-1}$. Die künstliche Erhöhung der lokomotorischen Aktivität durch die zusätzlichen Kontrollen im August kann hier also keinen signifikanten Einfluß auf die gemessene Aktivitätsdichte haben. Im übrigen könnte die, von Joosse (1965) einige Tage nach dem Eingraben der Fallen beobachtete, erhöhte Aktivität der Collembolen auch als Leerfangeffekt interpretiert werden. Die nach einer längeren Fangzeit gemessene Aktivitätsdichte wäre dann als künstlich verringert anzusehen. Schließlich ist zu beachten, daß Störungen, durch große Tiere z.B., zur natürlichen Umwelt der epigäischen Fauna gehören, womit die entsprechende Aktivität als normal anzusehen wäre.

Bodenfallen beeinflussen durch Entzug der gefangenen Individuen selbst die Abundanz (Fechter 1977, Ericson 1979, G. Müller 1976, Luff 1975, Stein 1965, Renner 1981/82, Braune 1974, Baars 1979, J. K. Müller 1984, Franke et al. 1988). Dieser "Leerfangeffekt" ist im gesamten Einzugsbereich der Falle, der durch den Aktionsradius der Art bestimmt wird, wirksam (G. Müller 1976, Renner 1981/82, Baars 1979, Franke et al. 1988). So wie mit zunehmender Entfernung von der Falle die Fangwahrscheinlichkeit abnimmt, nimmt auch der Einfluß dieses Effektes ab (Abb. 6). Entsprechend der Fangwahrscheinlichkeit (Kuschka et al. 1987) ist mit einer Abundanzabnahme von ≥10 % im Umkreis von ca. 3.25 Fallenradien und einer solchen von ≥1 % im Umkreis von 31.84 Fallenradien zu rechnen. Die höchste

Tab. 4. Spinnenarten, die ihre Netze in die Öffnungen von Bodenfallen bauen (Beobachtungen aus dem FND "Rutsch" 1988/89). Unsicher bestimmte Arten sind in Klammern gesetzt, Zahlenangaben in Klammern kennzeichnen jeweils subadulte Tiere.

Art	Beobachtungen von Netzen mit		
	Männchen	Weibchen	Inadulte
Pachygnatha clercki	–	–	1
Araneus (cornutus)	–	–	1
Ceratinella brevis	–	1	–
Lepthyphantes flavipes	4	15	–
Lepthyphantes tenebricola	5	20	–
Lepthyphantes tenuis	–	2	–
Lepthyphantes pallidus	–	1	–
Bathyphantes nigrinus	1	1	–
Bathyphantes gracilis	1	1	–
Linyphia clathrata	–	(1)	–
Linyphia (hortensis)	(3)	–	–
Linyphiidae	–	–	9

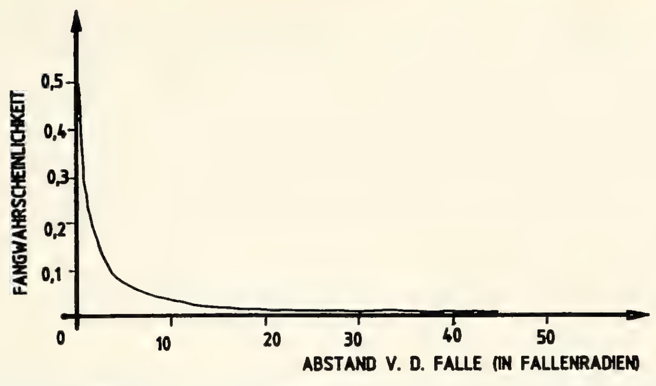


Abb. 6. Einfluß des Leerfangeffektes auf die Abundanz entsprechend der Fangwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Fallenabstand der Tiere.

Fangwahrscheinlichkeit wird mit 0.5 am Fallenrand erreicht. Ein Leerfang tritt also natürlicherweise nicht ein, denn es werden zu einem gegebenen Zeitpunkt maximal 50 % der Individuen eines Kreisbogens um die Falle gefangen. Leerfang kann nur dann erreicht werden, wenn die Zuwanderung von Individuen künstlich verhindert wird. Im Normalfall gleicht diese die eingetretene Abundanz- bzw. Aktivitätsdichteabsenkung im fallennahen Bereich früher oder später aus.

Der bei den Fallen im FND "Rutsch" gegebene Kontrollrhythmus (6 Tage + 1 Tag) läßt Rückschlüsse auf den Einfluß des "Leerfangeffektes" bei Carabiden und Großspinnen zu. Dieser Effekt müßte sich in niedrigerer Fangquote der Tiere im 1-Tag-Intervall gegenüber dem vorhergehenden 6-Tage-Intervall äußern, da in letzterem bereits ein Teil des Einzugsbereiches der Fallen leergefangen wird. Die Gesamt-Fangquote der Carabiden im 6-Tage-Intervall von 0.608 / Fangstunde steht der von 0.249 / Fangstunde des anschließenden eintägigen Fanges gegenüber. Der Mittelwert der 6-Tage-Fänge von Carabiden ist mit 99 % Sicherheit (t-Test) signifikant größer als der von 1-Tages-Fängen. Anders liegen die Ergebnisse bei den Großspinnen (6-Tage-Perioden: 0.037 / Fangstunde; 1-Tages-Fänge: 0.115 / Fangstunde). Das größere Ergebnis der 1-Tages-Periode ist sicher durch geringere Prädationsverluste zu erklären, die den eventuell gegebenen "Leerfangeffekt" überdecken.

Ist für ein Individuum gleichzeitig die Fangwahrscheinlichkeit für mehrere Fallen >0, befindet es sich also in der Überschneidung der Einzugsbereiche mehrerer Fallen, dann tritt ein gegenseitiger "Wegfangeffekt" dieser Fallen ein. Die in beiden Fallen gemessenen Aktivitätsdichtewerte sind dann künstlich verringert (Dunger & Fiedler 1989, Fechter 1977, Luff 1975, Stein 1965, Braune 1974, J. K. Müller 1984). Je geringer der Abstand dieser Fallen ist, desto größer ist der Überschneidungsbereich. Zu beachten ist auch hier, daß mit zunehmender Fangdauer der Einzugsbereich der Falle wächst. Bei annähernd homogener Populationsdichteverteilung ist der Anteil der Individuen, die sich im Einzugsbereich zweier Fallen befinden an der Gesamtindividuenzahl in beiden Fangbereichen der Fallen gleich dem Anteil der Überschneidungsfläche dieser Fallen an der Gesamtfläche der Fangbereiche. Rechnet man die Fangwahrscheinlichkeit der Individuen im Überschneidungsbereich, als Funktion des Abstandes von der Falle (Kuschka et al. 1987), mit ein, dann läßt sich der Einfluß des Wegfangeffektes auf den Fang in Abhängigkeit vom Abstand der beiden Fallen berechnen (Abb. 7). Im Falle der Deckungsgleichheit der beiden Fallen ist dieser Faktor = 1, bei einer Entfernung um den doppelten Aktionsradius der Art = 0.

Nicht alle in der Falle vorgefundenen Tiere müssen durch eigene Aktivität in diese gelangt sein. Wind und Niederschläge führen zur Immission von Organismen (Dunger & Engelmann 1978, Dunger & Fiedler 1989). Aus oberen Straten des Ökosystems fallen mitunter Tiere auf den Boden und damit in die Falle, die sich hier natürlicherweise kaum bewegen (z.B. Spannerraupen) (Geiler & Bellmann 1974). Diese Immissionen lassen sich durch entsprechende Arbeitsweise und Hilfsmittel (Fallendächer, Immissionsschutz) minimieren und erlangen so selten wesentliche Bedeutung.

Beim Aufstellen und Leeren der Fallen läßt sich mitunter der Eintrag von Bodenpartikeln, Laub etc., mit denen Tiere verfrachtet werden können, nicht ganz vermeiden. Namentlich Ektoparasiten (z.B. Käfermilben, Flöhe) gelangen vorwiegend durch den Fang ihrer Wirte in die Falle, nicht aber

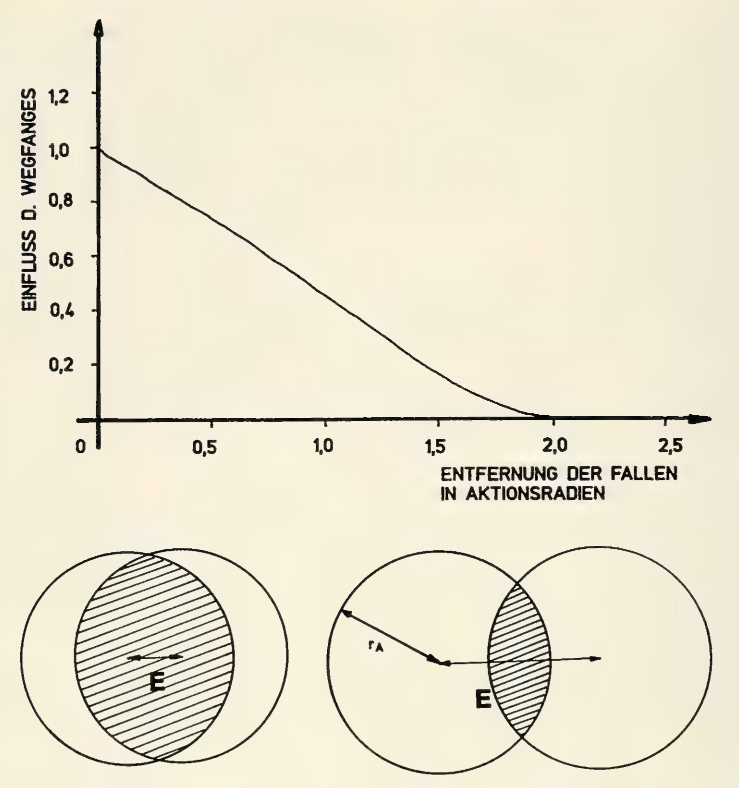


Abb. 7. Einfluß des Abstandes zweier Fallen (gemessen als Faktor eines konstanten Aktionsradius r_A = 3,7 m) auf den Anteil der Tiere in ihrem Einzugsbereich, die vom Wegfangeffekt betroffen sind (Fallenradius r_F = 3,7 cm).

durch eigene lokomotorische Aktivität. Allerdings können diese "Beifänge" wertvolle Hinweise auf den Parasitierungsgrad bestimmter Wirtspopulationen liefern. Mitunter gelangt durch den Fang von Prädatoren deren Beute passiv in die Falle, wie das Seifert (1990) bei Ameisen beobachtete. Ameisen benutzen auch die Bodenfallen gelegentlich als Abfallgrube für getötete Nestgenossen oder Feinde (Seifert 1990).

5 Optimierung der Fang- und Auswertungsmethodik

5.1 Fangtechnik

Um die Potenzen des Bodenfallenfanges voll zu erschließen, müssen zunächst die voranstehend besprochenen Meßfehler minimiert werden. Möglichkeiten dafür ergeben sich bereits bei der Festlegung von Fallenzahl und -verteilung im Untersuchungsgebiet. Eine Überschneidung der Einzugsbereiche der Fallen ist zu vermeiden, um Wegfangeffekte zu verhindern. Die Fallen müssen mindestens um den doppelten Aktionsradius der lokomotorisch aktivsten Arten voneinander entfernt sein (J. K. Müller 1984, Thomas & Sleeper 1977). Dieser kann für konkrete Fangperioden als r_E berechnet werden:

$$1.\ r_E = \frac{t \cdot r_{Arw}}{12} \cdot \frac{t}{(-0.00071\ t + 1{,}24) \cdot \sqrt[3]{t^2}}$$

r_E: Mindestabstand der Fallen, r_{Arw}: Aktionsradius des "random walk" der laufaktivsten Art, t: vorgesehene Fangzeit in Tagen.

Da Aktionsradiusmessungen erstmals im Anschluß an die erste Fangperiode möglich sind, besteht zunächst ein erhöhtes Risiko zu geringer Abstände. Dieses läßt sich durch die Einhaltung eines Mindestabstandes vermindern, der etwa 30-35 m bei 7 Tagen Fangdauer beträgt. Die Fallenabstände bestimmen besonders bei kleinen Untersuchungsgebieten deren Ausstattung mit Bodenfallen. Auf die synökologische Bearbeitung von Gebieten, in denen weniger als 4-7 Fallen aufgestellt werden können, sollte verzichtet werden (Baars 1979). Bei größeren (homogenen) Untersuchungsgebieten empfiehlt sich die Konzentration der Fallen auf deren Kernbereich, um Randeffekte auszuschließen, wobei dennoch der Fallenabstand so groß als möglich zu wählen ist (Baars 1979). Das Verteilungsmuster der Fallen (zufällig oder gleichmäßig) hat keinen signifikanten Einfluß auf das Fangergebnis, wie Simulationen mit einem Computermodell bewiesen.

Der eingesetzte Fallentyp muß dem Ziel der Untersuchung entsprechen. Vor allem Öffnungsumfang (bzw. -radius) und -form, Fangflüssigkeit, Fallenmaterial und -konstruktion sind zu optimieren. Das Untersuchungsziel wird auch wesentlich vom gleichzeitigen Einsatz anderer Erfassungsmethoden beeinflußt. Durch die notwendige Einschränkung der Zielgruppen des Bodenfallenfanges (siehe Kap. 1 und 4) sind synökologische Fragestellungen im allgemeinen nur durch einen wohlabgestimmten Komplex von Methoden zu lösen (Adis 1979, Roth 1984/85, Skuhravý 1964, Janetschek 1982, J. K. Müller 1984, Grimm et al. 1974, Dennison & Hodkinson 1984b, Dunger & Fiedler 1989, Franke et al. 1988). Sollen bevorzugt größere Tiere (Groß-Carabiden bis hin zu Kleinsäugern) gefangen werden, ist ein größerer Öffnungsradius angeraten (Luff 1975, Novak 1969). Kleinere Tiere werden durch kleinere Fallen effizienter gefangen (Braune 1974, Adis 1979). Die Fluchtmöglichkeit aus der Falle, mangelnde Bündigkeit des Fallenrandes mit dem Boden und andere Probleme sowie wachsender Einfluß der Fallen auf das Mikroklima mit zunehmender Öffnungsfläche können die normalerweise lineare Beziehung zwischen Fallenöffnungsumfang und Fängigkeit bei einigen Arten "abknicken" lassen (Braune 1974, Novak 1969). Dadurch wird das Optimum des Öffnungsumfanges nach oben begrenzt. Die untere Grenze ergibt sich durch die von den Tieren überschreit- bzw. überspringbare Distanz. Als Faustregel kann man einen Fallenöffnungsdurchmesser von der doppelten Körperlänge der größten zu fangenden Tiere annehmen (Tab. 5). Will man gezielt größere Tiere fangen, dann kann man dem kleineren "Beifang" durch entsprechende Löcher bzw Siebe im Fallenboden das Entkommen ermöglichen, um deren möglichen Ködereffekt zu begrenzen und aus ethischen Gründen (kein sinnloser Massenmord!).

Vergleiche verschiedener Fallenmaterialien ergaben (Luff 1975), daß bei Wahlmöglichkeit Glasfallen der Vorzug vor Plastik- und Blechfallen zu geben ist, da diese durch ihre glatteren Innenwände die geringsten Fluchtverluste aufweisen. Plastikfallen bieten demgegenüber die Vorteile größerer Robustheit, geringeren Gewichts und, bei aufwendigeren Fallenkonstruktionen, geringeren Preises. Als Form der Fallenöffnung ist eindeutig der Kreis zu favorisieren, da er keine fluchtbegünstigenden Ecken und gute mathematische Handhabbarkeit bei der Auswertung der Ergebnisse bietet.

Die Entscheidung über den Einsatz von Fangflüssigkeit ist sehr vielschichtig. Sollen durch den Fallenfang Aktionsradiusmessungen (und abgeleitet die Berechnung der Abundanz) ermöglicht werden, ist Lebendfang erforderlich. Gleiches gilt, wenn mit dem Fang geschützter bzw. bestandsbedrohter Tierarten zu rechnen ist, um deren unnötige Tötung zu vermeiden. Gegenüber dem Lebendfang bietet der Einsatz von Fangflüssigkeiten den Vorteil geringerer Verluste durch Flucht, Prädation und Kannibalismus. Der Zusatz weniger Tropfen Entspannungsmittel fördert das Einsinken der Tiere und

Tab. 5. Größe und Bauweise von Bodenfallen entsprechend den Zielgruppen des Fallenfanges. Alle Größenangaben sind als Richtwerte zu verstehen. Diese Übersicht wurde unter Verwendung der Arbeiten von Braune (1974), Adis (1979), Luff (1975), Dunger & Fiedler (1989) und Novak (1969) erarbeitet.

Zielgruppen	Fallenöffnung [m]		Fallenkonstruktion
	Durchmesser	Umfang	
Acari, Collembola, Coleoptera u. Araneae <10 mm	0,025-0,08	0,079-0,25	Fraktionsfalle oder abflußloses Gefäß mit Fangflüssigkeit
Coleoptera (bes. Carabidae) u. Araneae >10 mm	0,05-1,3	0,16-4,	Boden mit Gaze (2 mm Poren)
Kleinsäuger	0,2-0,5	0,63-1,57	Boden mit Loch von ca. 10 mm Ø

verringert so zusätzlich die Fluchtverluste. Andererseits ist die, mit vielen Fangflüssigkeiten verbundene, attraktive oder repellente Signalwirkung und die verstärkte Beeinflussung des Mikroklimas unerwünscht.

Diese Verhältnisse werden deutlich durch die Ergebnisse von Lebend- und Formalinfallen, die im NSG "Gülper See" 1985 zum Einsatz kamen, dokumentiert (Tab. 3). Sind bei den meisten Carabiden und Staphyliniden die Fangergebnisse vor allem durch die attraktive Wirkung des Formalins erhöht, erklären sich die geringeren Fangquoten von Lycosidae, Tetragnathidae, Opiliones, Acari, Collembola und teilweise der Carabidae in Lebendfallen vor allem durch Prädation/Kannibalismus. Linyphiidae/Erigonidae, Staphylinidae, Diptera und Hymenoptera werden sowohl durch Prädation/Kannibalismus als auch durch Flucht weniger in Lebendfallen gefangen. Vor allem Verwesung gefangener Kleinsäuger und Großcaraben in der Lebendfalle attrahiert Silphidae.

Als Fangflüssigkeit der Wahl kommen besonders Stoffe in Betracht, die ohne nennenswerte Signalwirkung auf die untersuchten Tiergruppen sind. Außerdem spielen bei der Auswahl der Fangflüssigkeit deren Wirkung auf das Fangmaterial, Giftigkeit, Haltbarkeit und Preis eine Rolle (Tab. 6). Die perfekte Fangflüssigkeit gibt es sicher nicht.

In der Synökologie werden häufig parallele Untersuchungen einer möglichst großen Anzahl unterschiedlicher Zielgruppen angestrebt. Somit ist eine Verknüpfung der Vorteile des Lebendfanges mit denen des Fanges mit Flüssigkeit bei Minimierung der Nachteile beider Methoden sinnvoll. Die Kombination wäre durch gleichzeitigen Einsatz beider Fallentypen erreichbar, ist dann aber mit dem Mangel unzureichender Vergleichbarkeit der Ergebnisse infolge der hohen Komplexität der Meßfehler behaftet. Da bevorzugt größere Tiere (>6 mm) lebend benötigt werden, während die bedeutenden Prädationsverluste kleinerer Tiere mittels Fangflüssigkeit verringert werden können, bietet die "Fraktionsfalle" hier einen Ausweg (Abb. 8). Wie bereits von Balogh (1958) und Skuhravý (1964) vorgeschlagen, wird bei diesem Fallentyp auf halber Höhe ein Gazeeinsatz eingebaut. Die Maschenweite kann je nach Größe der lebend zu fangenden Tiere variiert werden. Der Autor verwandte Gaze von 2 mm Maschenweite. Alle Tiere, die die Maschen passieren, fallen in die Fangflüssigkeit, die anderen verbleiben im oberen Lebendteil. Der Vergleich von Fangergebnissen parallel aufgestellter Lebend-, Formalin- und Fraktionsfallen mit Glycerol zeigt, daß die Meßfehler durch Prädation/Kannibalismus und chemische Attraktion/Repellenz in Fraktionsfallen wesentlich verringert sind. Um die Auswirkungen des Gazeeinsatzes auf den Fang zu prüfen, wurden 1989 im FND "Rutsch" während 4 Fangperioden von jeweils einer Woche insgesamt 15 Glasfallen und 15 Fraktionsfallen, jeweils mit Glycerol-Wasser-Gemisch, eingesetzt. Die Ergebnisse (Tab. 7) zeigen deutlich, daß bei Carabidae, Diptera, Staphylinidae, Chalcoidea und Lumbricidae keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Fallentypen auftreten. Die Verluste der Collembola, Acari, Hahniidae, Cynipoidea und z.T. auch der Erigonidae/Linyphiidae werden durch den fraktionierten Fang deutlich verringert. Das ist nicht zuletzt auch ein

Tab. 6. Überblick über die Eigenschaften häufig verwendeter Fangflüssigkeiten. Beurteilungskriterien: 1. Toxizität. 2. Haltbarkeit. 3. Richtpreise in DM für 1 l einsatzfähige Fanglösung in der üblichen Konzentration. 4.-8. Wirkung auf das Fangmaterial: 4. mazerierend; 5. aufhellend oder färbend; 6. quellend; 7. härtend; 8. hygroskopisch. Erläuterung der Symbolik: +: Kriterium trifft vollkommen zu; /: Kriterium trifft in geringem Maße zu; –: Kriterium trifft nicht zu; 0: keine Angaben. Die Tabelle wurde unter Verwendung der Arbeiten von Dunger (1963), Růžička (1988b), Heydemann (1956a) und Dunger & Fiedler (1989) zusammengestellt.

Fangflüssigkeit	Beurteilungskriterien							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ethandiol (Ethylenglykol, Glykol)	–	mäßig-gut	56,62-84,50	/	+	/	–	+
Propantriol (Glycerol)	–	mäßig-gut	15,14	–	+	/	–	+
Methanal-Lösung (Formaldehyd)	+	gut-sehr gut	1,05-1,84	–	–	–	+	–
Methanol	+	Verdunstung	6,16	–	0	0	–	/
Ethanol/Brennspiritus	–	Verdunstung	45,50/2,00	/	/	–	/	+
Ethanol-Ethansäure-Wasser-Gemisch	–	Verdunstung	46,18	–	–	+	–	+
2, 4, 6-Trinitrophenol (Pikrinsäure)	–	(sehr) gut	56,00	–	+	0	0	–
Kaliumbichromat-Lösung	+	(sehr) gut	11,36	–	–	0	0	–
Wasser	–	schlecht	minimal	+	–	+	–	–

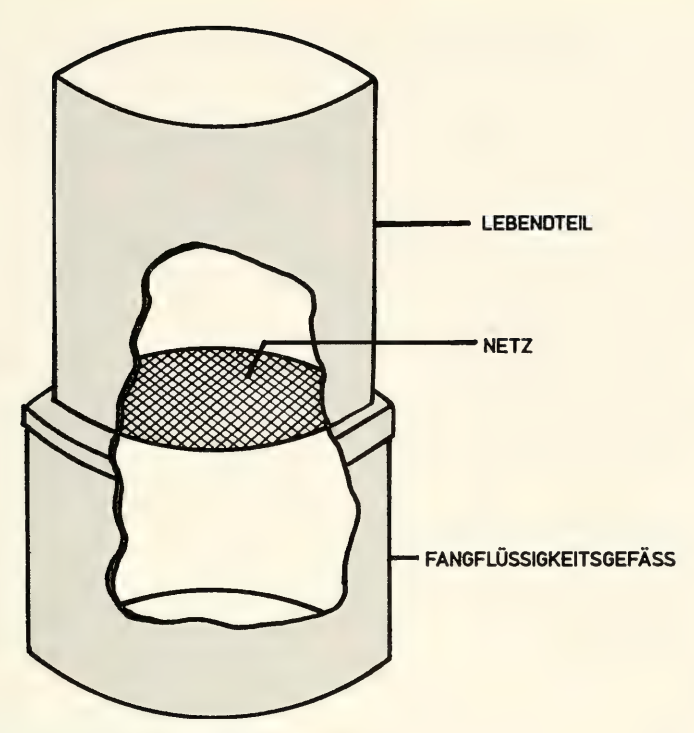


Abb. 8. Aufbau der Fraktionsfalle, schematisch.

Tab. 7. Vergleich der Fangergebnisse der 1989 im FND "Rutsch" parallel aufgestellten Fraktions- und Glasfallen mit Glycerol-Lösung. Alle Angaben der Aktivitätsdichte (M_A) in in $d^{-1} \cdot m^{-1}$.

Taxon	Fraktionsfallen Summe des/der		Glasfallen Summe des/der	
	M_F	M_A	M_F	M_A
Regenwürmer	9	0,049	9	0,048
Myriapoda	21	0,115	72	0,385
Acari	2341	12,848	561	2,999
Phalangiidae	3	0,016	42	0,225
Agelenidae	24	0,132	56	0,299
Lycosidae	7	0,038	17	0,091
Erigonidae/Linyphiidae	97	0,532	84	0,449
Hahniidae	124	0,681	16	0,086
Clubionidae	0	0	4	0,021
sonst. Arachnida	19	0,104	47	0,251
Collembola	12248	67,221	4881	26,091
Carabidae	81	0,444	80	0,428
Staphylinidae	15	0,082	13	0,069
Formicoidea	22	0,121	130	0,695
Erzwespen	23	0,126	32	0,171
Gallwespen	24	0,132	16	0,086
Diptera	106	0,582	131	0,700
Gastropoda	1	0,005	63	0,337
Mammalia	0	0	7	0,037
Sonstiges	84	0,461	138	0,738
Summe	15249	83,689	6399	34,206

Ergebnis der besseren Auslesbarkeit ihres Fanges, denn bei einfachen Glasfallen haften sie häufig an größeren Tieren, Bodenteilchen, Fallaub usw. und werden so übersehen. Besonders Agelenidae, Lycosidae und *Harpactes* erleiden im Lebendteil größere Verluste durch Prädation. Diese können durch das Anbieten von Versteckmöglichkeiten weiter gesenkt werden (Dunger & Fiedler 1989). Bei Formicoidea, Mammalia, Phalangiidae, Gastropoda und evtl. auch Myriapoda (?) sind die Fluchtverluste in Fraktionsfallen größer als in Glasfallen. Das ist zumindest bei den Säugetieren und Schnecken sogar von Vorteil, da diese ohnehin mit beiden Fallentypen nicht quantitativ zu fangen sind, den Fang verunreinigen und zu unerwünschten Ködereffekten führen. Bei Formicoidea, Phalangiidae und Myriapoda (Voigtländer 1983) sind die Meßfehler der Bodenfallen, vor allem infolge Hinderniswirkung des Fallenrandes und Flucht aus der Falle, so groß, daß eine Aktivitätsdichtemessung fragwürdig ist. Unter diesem Gesichtspunkt ist die Fraktionsfalle für viele synökologisch orientierte Aktivitätsdichtemessungen optimal. Die Fluchtverluste lassen sich zusätzlich durch den Einsatz von Reusen in den Fallenöffnungsbereich verringern (Dunger & Fiedler 1989). Die unterschiedlichen Zielgruppen von Fraktionsfallen- und Glasfallenfang finden auch in der Größenklassenpyramide des Fanges ihren Ausdruck (Abb. 2).

Die Veränderung der Fallenumgebung und der "digging-in effect" werden durch die von J. K. Müller (1984), Dunger (1963) und Adis (1976) vorgeschlagenen Einsatzfallen minimiert sowie die Bündigkeit der Falle erhöht. Bei geeignetem Boden läßt sich durch Ausstechen der Fallenlöcher mit einem größenangepaßten Bodenbohrer eine ähnliche Wirkung erzielen.

Zwar beeinflussen die vom Autor angewandten lackierten Pappdächer das Mikroklima vergleichsweise wenig, aber eine weitere Verringerung dieses Einflusses durch luftdurchlässige Stoffdächer (Nylon oder ähnlicher imprägnierter Stoff) ist denkbar. Gegen Fallaub- und andere feste Immissionen von oben schützen Netzdächer (Růžička 1982), ohne das Mikroklima wesentlich zu beeinflussen. Soweit es irgend möglich ist, sollte auf Dächer gänzlich verzichtet werden. Untersuchungsgebiete ohne Gehölzbestockung (Fallaubeinfluß!) bieten bei kurzen Fangperioden diese Möglichkeit. Ein Problem stellt dann allerdings der Niederschlag dar, der die Fangflüssigkeit verdünnt und unter Umständen die Falle voll laufen läßt. Letzteres Problem ist, ebenso wie das Herausdrücken der Fallen durch den Bodenwasserdruck in Feuchtgebieten, mit drainierten Fallen lösbar (Růžička 1982, 1987). Die seitliche Immission von Bodenpartikeln, Fallaub und Mikroarthropoden kann durch immissionsgeschützte Fallen, wie sie Dunger & Engelmann (1978) vorschlagen, minimiert werden. Da durch die Immissionsschutzwände Makroarthropoden von der Falle abgehalten werden, sind diese Fallen nur für besonders immissionsgefährdete Untersuchungsgebiete zur Aktivitätsdichtemessung der Mikroarthropoden (≤5 mm) geeignet.

Durch technische Abwandlung der Bodenfalle wurden Aktivitätsdichtemeßgeräte für sonst schwer zugängliche Habitate konstruiert. Das ermöglichte den Fang in Geröllfeldern (Růžička 1982, 1988a, b), unter geschlossenen Schneedecken (Granström 1973) und im Inneren des Bodens (Kaczmarek 1978, Loreau 1987, Heydemann 1956a) sowie auf der Wasseroberfläche (Renner 1986, Růžička 1982).

5.2 Aktionsradiusmessung

Aktionsradiusmessungen müssen, sollen sie zur Abundanzberechnung brauchbar sein, folgenden Ansprüchen genügen:

1. repräsentativ für die Semaphorontengruppe bzw. deren epigäischen Teil sein,
2. unter natürlichen Bedingungen gemessen sein und
3. einen ausreichenden Zeitraum durchschnittlich repräsentieren.

Das schränkt die methodischen Möglichkeiten erheblich ein. So fordert der erste Anspruch nicht nur ausreichend große Individuenzahlen für die Aktionsradiusmessung, sondern darüber hinaus eine ausreichende Repräsentanz verschiedener Mobilitätsgruppen der Semaphorontengruppe. Dabei müssen sowohl geschlechts- und altersabhängige als auch physiologisch bedingte Differenzierungen Beachtung finden. So wiesen Baars (1979, 1979/80) und Grüm (1971a, b) bei Carabiden eine Differenzierung der epigäischen Semaphorontengruppe in "random walkers" und "directed walkers" nach. Das Zahlenverhältnis beider Mobilitätsgruppen hat wesentlichen Einfluß auf den Durchschnittsaktionsradius der Semaphorontengruppe, der in die Berechnung der Abundanz Eingang findet. Entsprechend muß der auf seinen Aktionsradius zu untersuchende Teil der Semaphorontengruppe möglichst groß

sein, zumal selbst unter günstigsten Voraussetzungen kaum 100 % Wiederfang erreichbar sind. Damit ist die Messung des Aktionsradius nur bei aktivitätsdominanten (bzw. zum Teil subdominanten) Arten möglich, da nur sie ausreichend zur Verfügung stehen.

Besonders problematisch ist sicher die Forderung nach natürlichen Meßbedingungen. Mit ihr ist verbunden, daß den Tieren ungehinderte Lokomotion in ihrem angestammten Habitat ermöglicht wird (Baars 1979/80, Kuschka et al. 1987). Dadurch sind Labormessungen, der Einsatz laborgezüchteter Individuen und alle Markierungstechniken, die den physiologischen Zustand des Tieres beeinflussen, ausgeschlossen. Als Markierung kommen wohl nur noch bestimmte Farbmarker bzw. Etiketten (Southwood 1966, Nelemans 1986), Mikrogravurtechniken (besonders bei Käfern) (J. K. Müller 1984, Loreau 1984) und radioaktive Präparate (mit Einschränkungen) (Skuhravý 1964, Baars 1979/80, Southwood 1966, Nelemans 1986) in Frage. Der Autor wandte erfolgreich Farbetiketten an, wie sie auch Imker verwenden. Den Anspruch natürlicher Meßbedingungen erfüllen möglicherweise auch Tiere nicht ganz, die vor dem Aussetzen gehältert oder unmittelbar aus der Bodenfalle ausgesetzt werden. Gerade in diesem Punkt sind wohl alle gebräuchlichen Meßmethoden unkorrekt. Meßfehler werden auch durch die, meist unvermeidliche, Aussetzung vieler markierter Individuen an einem zentralen Punkt erzeugt, da hierdurch lokal die Abundanz erheblich erhöht wird. Die Aussetzung kann die lokomotorische Aktivität verändern (Southwood 1966) (siehe Abb. 1).

Die dritte Forderung nach Repräsentanz eines ausreichenden Zeitraumes ergibt sich aus den großen tagesperiodischen und verhaltensbedingten Schwankungen der lokomotorischen Aktivität. Um die circadiane Aktivitätsperiodik zu berücksichtigen, ist ein Mindestmeßintervall von 24 Stunden einzuhalten. Wie repräsentant dieses Intervall für die gesamte Fallenfangperiode ist, hängt wesentlich von der Übereinstimmung der aktivitätsbeeinflussenden Faktoren (Abb. 1) in beiden Zeiträumen ab. Insbesondere die Witterung unterliegt erheblichen Schwankungen. Eine zu große Ausdehnung des Aktionsradius-Meßintervalls verbietet sich aber, da mit der Zeit die Wiederfangwahrscheinlichkeit stark sinkt und das gesamte Faktorengefüge der lokomotorischen Aktivität langperiodische Veränderungen aufweist. Der häufig praktizierte Wiederfang in Bodenfallen (Adis 1979, Loreau 1984, Skuhravý 1956a, b und andere) ist mit zu großen Fehlern behaftet, denn der Zeitraum zwischen Aussetzung und Wiederfang ist unbekannt und folglich ist die zurückgelegte Distanz nicht zeitbezogen darstellbar.

Die Diskussion der Ansprüche an eine Aktionsradiusmessung verdeutlicht die großen Einschränkungen und Meßfehler, denen diese zwangsläufig unterliegt. Bereits Markierung und Wiederfangwahrscheinlichkeit schränken das Größenspektrum der Tiere, deren Aktionsradius meßbar ist, auf ≥6 mm ein, wobei die Wiederfangquote teilweise gar erst bei Tieren ≥15 mm statistisch gesicherte Aussagen ermöglicht. Abundanzwerte kleinerer Tiere sind allerdings oftmals durch andere Methoden (z.B. Quadratmethode, Bodenextraktionsmethoden; Janetschek 1982) wesentlich exakter und effektiver zu ermitteln, so daß eine Aktionsradiusmessung ohnehin entfällt. Als optimal erscheinen derzeit zwei Methoden: die Vermessung der freien Lokomotion radioaktiv markierter Tiere in ihrem Stammhabitat (Baars 1979/80) und die Aktionsradiusmessung anderweitig markierter Tiere auf Aktionsradius-Anlagen im Untersuchungsgebiet (Kuschka et al. 1987). Erstere Methode wird nur für die wenigsten Untersuchungen zur Verfügung stehen. Deshalb sei die zweite Methode besonders erläutert. Eine je nach Gegebenheiten möglichst große kreisförmige Fläche (Mindestdurchmesser 2 m) wird durch eine Kunststoffolie grundabgedichtet, wobei die ausgestochene Grasnarbe bzw. Streuschicht möglichst unverändert auf der Folie plaziert und mindestens einen Monat vor Beginn der Messungen sich selbst überlassen bleibt. Der Wiederfang der markierten und an einem zentralen Punkt der Anlage ausgesetzten Tiere erfolgt durch systematisches Absuchen dieser Fläche (Kuschka et al. 1987). Diese Prozedur ist zwar recht aufwendig, man kann aber namentlich bei Großcaraben damit rechnen, 100 % der auf der Anlage verbliebenen Individuen wiederzufangen. Ein Nebeneffekt des Absuchens ist die Möglichkeit der direkten Abundanzermittlung auf der Anlage. Diese Abundanzen sind zumindest als Richtwerte brauchbar.

Wie Computermodellierungen der Zufallsbewegung ergaben, paßt sich die Wahrscheinlichkeit (h) der resultierenden Entfernungen des Tieres vom Startpunkt (entspricht dem gemessenen Aktionsradius r_i) etwa an die Dichtefunktion (Weber 1980) der Form

2. $h = a \cdot r_i^c \cdot e - r_i/b$

an (Abb. 9). Dabei wird der Faktor a von der Gesamtzahl der gemessenen Aktionsradien und der Klassengröße bestimmt. Da er aber auf die Zielgröße, den mittleren Aktionsradius (r_{Arw}), keinen

Einfluß hat, ist er hier irrelevant. Der mittlere Aktionsradius wird allein von den beiden Exponentenfaktoren b und c bestimmt.

Wie Abb. 9 zeigt, entspricht das Modell gut den Verhältnissen im Populationsteil der "random walkers" von *Carabus hortensis* einer beispielhaften Untersuchung im FND "Rutsch" (1988). Der mittlere Aktionsradius der "random walkers" (r_{Arw}) ist von der Zeitdauer der Bewegung (t) und deren Geschwindigkeit (v) abhängig:

3. $r_{Arw} = (-0.00071\ t + 1,24) \cdot \sqrt[3]{t^2} \cdot v$

wie sich in Auswertung der Computersimulation ergab. Somit läßt sich die Geschwindigkeit der Zufallsbewegung berechnen als:

4. $$r_E = \frac{r_{Arw}}{(-0.00071\ t + 1,24) \cdot \sqrt[3]{t^2}}$$

Unter der Voraussetzung, daß die Geschwindigkeiten von "random walk" und "directed walk" gleich groß sind, berechnet sich der Aktionsradius der gerichteten Bewegung ("directed walk"; r_{Adw}) als Produkt der Geschwindigkeit und der Zeit. Durch entsprechende Umformung kommt man zu einer Formel, die eine Berechnung von r_{Adw} aus dem mittleren Aktionsradius der Zufallsbewegung (r_{Arw}) ermöglicht:

5. $$r_{Adw} = r_{Arw} \cdot \frac{t}{(-0.00071\ t + 1,24) \cdot \sqrt[3]{t^2}}$$

Das Verhältnis zwischen den berechneten Aktionsradien entspricht recht gut den Beobachtungen von Baars (1979/80). Der durchschnittliche Aktionsradius der Semaphorontengruppe pro Tag (r_A), der als Ziel der Untersuchung in die Berechnung der Abundanz eingehen soll, kann nun anteilig aus beiden mittleren Aktionsradien bestimmt werden:

6. $$r_A = \frac{n_{rw} \cdot r_{Arw} + n_{dw} \cdot r_{Adw}}{N}$$

Dabei sind n_{rw} und n_{dw} jeweils die Anzahl der ausgesetzten Tiere, die als "random walkers" bzw. "directed walkers" einzustufen sind und N ist die Anzahl aller zur Aktionsradiusmessung ausgesetzten Tiere. In vielen Fällen kann man davon ausgehen, daß die auf der Aktionsradiusanlage vorgefundenen Tiere "random walkers" sind und die Tiere, die die Anlage verlassen haben "directed walkers". Das ist aber von Fall zu Fall zu prüfen. Dazu hat sich die graphische Darstellung der gemessenen Aktionsradien in einer solchen Dichtefunktion bewährt. So erkennt man am leichtesten, welcher Teil der ausgesetzten Tiere eine Zufallsbewegung zeigte.

5.3 Auswertung der Fangergebnisse

Der erste Auswertungsschritt ist immer die Berechnung der Aktivitätsdichte aus dem Fallenfang. Entsprechend der Definition der Aktivitätsdichte als "die Zahl an Individuen, die pro Zeitabschnitt eine Grenzlinie bestimmter Länge überschreiten." (Heydemann 1961b, p. 538), kann sie aus dem Fallenfang nach folgender Formel berechnet werden (Růžička 1987):

7. $$M_A = \frac{M_F \cdot 24}{n_F \cdot t_F \cdot U_F} \quad [\ d^{-1} \cdot m^{-1}]$$

M_A = Aktivitätsdichte
M_F = Anzahl gefangener Tiere der Semaphorontengruppe
n_F = Fallenzahl im Untersuchungsgebiet
t_F = Dauer der Fangperiode in h
U_F = Umfang der Fallenöffnung in m

Sie wird in eine Primärdatenliste eingetragen, die neben der vollständigen Auflistung der gefangenen Semaphorontengruppen auch deren Fanganzahl (M_F) enthalten sollte.

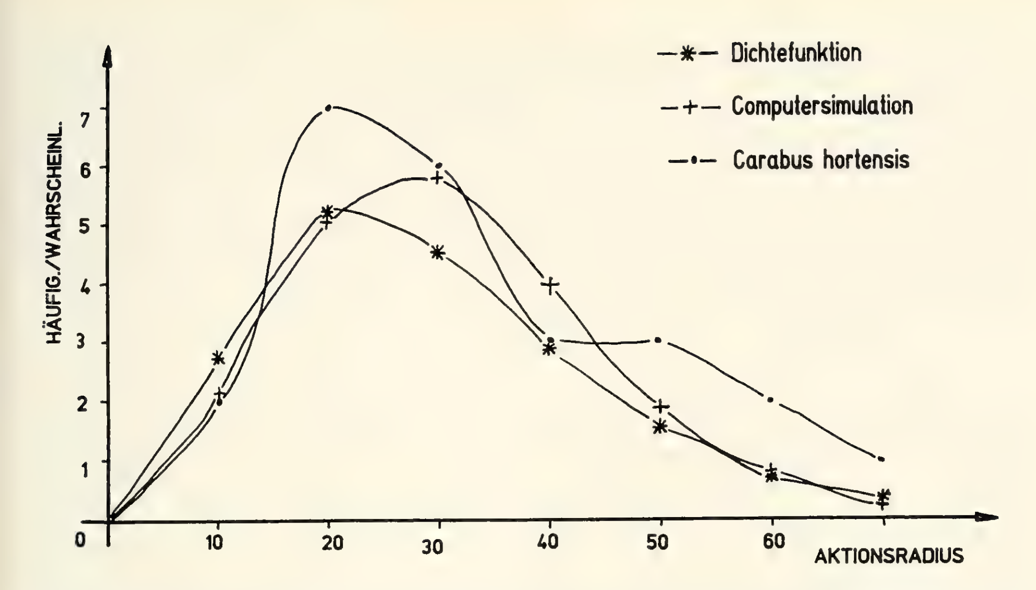


Abb. 9. Häufigkeiten resultierender Entfernungen sich zufällig bewegender Tiere entsprechend eines Computermodells, Wahrscheinlichkeiten dieser Entfernungen entsprechend der Dichtefunktion (2) und die tatsächlichen Häufigkeiten gemessener Aktionsradien bei *Carabus hortensis* am 22./23.5.1988 im FND "Rutsch" im Vergleich.

Die Herausstellung der produktionsökologisch bedeutenden Semaphorontengruppen kann durch die Berechnung von Aktivitätsdominanzen, als prozentualer Anteil der Aktivitätsdichte der Semaphorontengruppe an der Gesamtaktivitätsdichte der entsprechenden Auswertungskategorie (Konsumtionstyp, Größenklasse), erleichtert werden. Spätestens in diesem Auswertungsschritt sind alle Semaphorontengruppen, deren Aktivitätsdichtemessung mit zu großen Meßfehlern behaftet ist, aus der Rechnung zu eliminieren. Die Anwendung eines Dominanzklassensystems, wie von Engelmann (1978) vorgeschlagen, erhöht die Übersichtlichkeit zusätzlich.

Es steht außer Frage, daß im Zuge der Inventarisierung der Fauna terrestrischer Ökosysteme die Abundanz zumindest der dominanten Artenkombination zu ermitteln ist. Welche Methode hierzu angewandt wird, ist nach deren Aufwand, Effizienz und Genauigkeit zu entscheiden. Die Abundanzberechnung aus Fallenergebnissen kommt durch den relativ hohen Aufwand und die zahlreichen Fehlerquellen nur für diejenigen Arten in Betracht, deren Abundanz mittels anderer Methoden nicht oder schlechter zu ermitteln ist. Das trifft vorwiegend auf epigäische "Läufer" <15 mm (wie z.B. Carabidae, einige Staphylinidae, Lycosidae) zu, deren Aktivitätsdichte hinreichend genau zu messen ist und deren geringe Abundanz Zählungen nach der Quadratmethode o.ä. nur bedingt zuläßt (Dennison & Hodkinson 1984b).

Ein Überblick über Methoden der Abundanzermittlung aus Bodenfallenergebnissen und deren Prämissen wird in Janetschek (1982) gegeben. Die Wegfang-Techniken erfordern eine Ausrichtung des Fallenfanges auf das Ziel der Abundanzermittlung, die durch ihre Artspezifität zum Teil der breiter angelegten synökologischen Zielstellung entgegensteht und sie sind an enge Prämissen gebunden (J. K. Müller 1984). Daher sollen sie nicht weiter betrachtet werden. Markierungs-Wiederfang-Methoden erfordern wesentlich weniger Eingriffe in die Fangmethodik selbst. Die einfachsten Berechnungen, z.B. mittels Lincoln-Index oder Jolly-Methode, gehen von einigen schwer einzuhaltenden und noch schwerer überprüfbaren Prämissen voraus (Southwood 1966, Janetschek 1982). Deshalb sollen im folgenden nur Methoden betrachtet werden, die auf der Berechnung der Abundanz aus Aktivitätsdichte und Aktionsradius beruhen. Fechter (1977) geht davon aus, daß die Tiere eine Zufallsbewegung ausführen. Die damit verbundene Ausbreitung vergleicht er mit der Konzentrationsveränderung von Teilchen durch Diffusionsprozesse. Folgende Berechnungsformel der Abundanz (M/m^2) wurde daraus abgeleitet (die Formelzeichen sind der Symbolik der vorliegenden Publikation angepaßt worden):

8. $M/m^2 = \frac{M_A \cdot U_F \cdot \ln N}{\pi \cdot r_A^2 \cdot I}$

mit $I = \frac{1}{d} - \frac{0.57722}{d^2} - \frac{1.31175}{d^3} - \frac{1}{d^4}$

und $d = \frac{r_A^2}{\ln(\ln N \cdot r_F^2)} - 1.15444$

Braune (1974) und Kuschka et al. (1987) leiten die Abundanzformeln aus der Fangwahrscheinlichkeit der Tiere ab. Angepaßte Formel nach Braune:

9. $M/m^2 = \frac{M_A \cdot U_F}{2 \cdot r_A \cdot r_F}$

nach Kuschka et al.:

10. $M/m^2 = \frac{\frac{M_A \cdot U_F}{r_F}}{\left(r_x^2 \cdot \arcsin r_x + r_F \sqrt{(r_x^2 - r_F^2)}\right)\Big|_{r_F + 0.0001}^{r_F + r_A}}$

Unter Verwendung dieser drei Formeln wurden die Abundanzen für einige Carabiden auf der Basis von Aktivitätsdichtemessungen im FND "Rutsch" exemplarisch berechnet. Das Ergebnis dieses Vergleichs ist Tabelle 8 zu entnehmen. Alle drei Berechnungsformeln ergeben jeweils Abundanzwerte ähnlicher Größenordnung. Die annähernde Deckungsgleichheit der Ergebnisse nach Braune (1974) und Kuschka et al. (1987) überrascht etwas, sind doch die beiden Berechnungsformeln recht unterschiedlich. Im Vergleich zu diesen sind die Abundanzwerte nach Fechter (1977) immer kleiner, maximal um das etwa fünffache. Leider liegen keine direkten Abundanzmessungen vor, die als Kriterium der Richtigkeit der berechneten Werte dienen könnten.

Wie bereits erläutert, erfordert die zeitliche Veränderlichkeit von Abundanz und lokomotorischer Aktivität Untersuchungen über mindestens eine Vegetationsperiode, um synökologisch vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Derartige Untersuchungszeiträume bieten gleichzeitig die Chance der Dokumentation zeitlicher Abläufe in Biozönosen. Hier sind an erster Stelle die jahresperiodischen Veränderungen der Aktivitätsdichte zu nennen (Dennison & Hodkinson 1984a). Diese sind am besten in einer Ergebnistabelle zusammenzustellen, die sowohl die komplette Liste der Semaphorontengruppen der gesamten Vegetationsperiode als auch deren Aktivitätsdichten, -dominanzen und Abundanzen (soweit ermittelt) in allen Fangperioden enthält. Monatliche Fänge von jeweils einer Woche während der Vegetationsperiode ermöglichen sowohl die Beschreibung der circaanuellen Rhythmik der untersuchten Populationen als auch die Minimierung zeitabhängiger Störfaktoren (vgl. Kap. 4). Die zwischen

Tab. 8. Vergleich der Ergebnisse der Abundanzberechnungen nach Fechter (1977), Braune (1974) und Kuschka et al. (1977) auf der Basis von Aktivitätsdichte- und Aktionsradiusmessungen im FND "Rutsch" 1988. Angaben von M_A in $d^{-1} \cdot m^{-1}$, von r_A in $m \cdot d^{-1}$.

			M/m^2 nach		
M_F	M_A	r_A	Kuschka et al.	Fechter	Braune
15	1,792	0,524	10,85	5,75	10,74
71	7,221	0,473	48,44	35,47	47,92
15	1,520	0,322	15,08	10,61	14,84
36	4,444	0,396	35,75	28,50	35,29
29	1,780	0,716	7,86	3,64	7,81
18	1,104	0,448	7,84	4,71	7,74
8	0,707	1,043	2,14	0,46	2,13
38	3,356	0,304	35,29	37,48	34,68
12	1,053	1,178	2,82	0,76	2,81
54	4,740	0,863	17,35	9,00	17,25
66	5,794	0,419	43,93	32,31	43,40
7	0,606	0,496	3,88	1,62	3,84

den Fangperioden liegende Ruhezeit von 3 Wochen ist ausreichend, um Leerfangeffekte zu kompensieren. Der durch sie gegebene Informationsverlust ist vertretbar.

Bei Beachtung der notwendigen Vorkehrungen zur Verminderung von Meßfehlern vermag die Bodenfallen-Fangmethode Aktivitätsdichte- und Abundanzwerte für eine begrenzte Semaphorontengruppe innerhalb des ökosystematischen Konnex zu liefern. Der weiter gehende Anspruch der Synökologie, umfassendere Funktionen im Ökosystem zu untersuchen, verlangt deren Kombination mit anderen quantitativen Erfassungsmethoden. Eine Zukunftsaufgabe besteht deshalb darin, ergänzende Methoden zu entwickeln, die, bei Kompatibilität untereinander, einen synökologischen Methodenkomplex bilden.

Zusammenfassung

Der Bodenfallenfang ist eine Methode zur Messung der Aktivitätsdichte laufaktiver, fallengängiger Semaphoronten der Bodenoberfläche. Das Ergebnis wird besonders von folgenden Meßfehlern in unterschiedlicher Weise beeinflußt: Kannibalismus und Prädation, Flucht, attraktive und repellente Signalwirkungen, künstlich stimulierte Aktivität, Weg- und Leerfangeffekte, Hinderniswirkung des Fallenrandes, Immission und Einschleppung von Organismen in die Falle. Durch entsprechende Vorkehrungen und Einsatz aufgabenangepaßter Fallentypen können diese Meßfehler weitgehend verringert werden, wenn der Einsatz des Bodenfallenfanges auf geeignete Semaphorontengruppen beschränkt wird. Für synökologische Fragestellungen ist besonders die "Fraktionsfalle" mit Glycerol als Fangflüssigkeit geeignet. Mit Hilfe des separat zu messenden Aktionsradius kann für Semaphoronten ≥ 6 mm aus der Aktivitätsdichte zusätzlich die Abundanz berechnet werden. Die Bodenfalle ist in einen Komplex synökologischer Methoden abgestimmt einzuordnen.

Danksagung

Ich danke den Kollegen des Fachbereiches Zoologie der Martin-Luther-Universität Halle/S., besonders den Herrn Doz. Dr. habil. W. Witsack und Dr. P. Bliss für die helfend-kritische Diskussion des Manuskriptes dieser Arbeit.

Index der Formeln

1. Mindestabstand von Fallen, um Wegfangeffekte auszuschließen.
2. Dichtefunktion der Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten einzelner Aktionsradien bei Zufallsbewegung von Tieren von einem zentralen Startpunkt aus.
3. Der mittlere Aktionsradius der Zufallsbewegung als Funktion von Dauer und Geschwindigkeit der Bewegung.
4. Geschwindigkeit der Zufallsbewegung.
5. Berechnung des mittleren Aktionsradius der gerichteten Bewegung aus dem Aktionsradius der Zufallsbewegung.
6. Berechnung des durchschnittlichen Aktionsradius der Semaphorontengruppe.
7. Berechnung der Aktivitätsdichte aus dem Fallenfang.
8. Berechnung der Abundanz aus der Aktivitätsdichte nach Fechter (1977).
9. Berechnung der Abundanz aus der Aktivitätsdichte nach Braune (1974).
10. Berechnung der Abundanz aus der Aktivitätsdichte nach Kuschka et al. (1987).

In den Formeln eingesetzte Symbole: **r_E:** Mindestabstand der Fallen, um Wegfang zu vermeiden; **r_{Arw}:** mittlerer Aktionsradius des "random walk"; **r_{Adw}:** mittlerer Aktionsradius des "directed walk"; **r_A:** durchschnittlicher Aktionsradius der Semaphorontengruppe; **r_i:** gemessener Aktionsradius = resultierende Entfernung des Tieres vom Startpunkt; **r_F:** Radius der Öffnung der Bodenfalle; **r_x:** variabler Radius entsprechend den Grenzen des Integrals; **t:** Fangzeit in Tagen; **t_F:** Dauer der Fangperiode in Stunden; **h:** Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Aktionsradius r_i; **v:** Geschwindigkeit der Fortbewegung; **n_F:** Fallenzahl im Untersuchungsgebiet; **n_{rw}:** Anzahl der "random walkers"; **n_{dw}:** Anzahl der "directed walkers"; **N:** Gesamtzahl der zur Aktionsradiusmessung ausgesetzten

Tiere; M_A: Aktivitätsdichte in $d^{-1} \cdot m^{-1}$; M_F: Anzahl gefangener Tiere der Semaphorontengruppe; **M/m²**: Abundanz in m^{-2}; U_F: Umfang der Fallenöffnung in m; **I; d:** Faktoren der Abundanzformel nach Fechter (1977); **a; b; c:** Faktoren bzw. Exponenten der Dichtefunktion.

Literatur

Adis, J. & E. Kramer 1975/76. Formaldehyd-Lösung attrahiert *Carabus problematicus* (Coleoptera: Carabidae). – Entom. Germanica **2** (2): 121-125

– – 1976. Bodenfallenfänge in einem Buchenwald und ihr Aussagewert. – Ökologie – Arbeiten, Berichte, Mitteilungen Univ. Ulm: 1-49

– – 1979. Problems of Interpreting Arthropod Sampling with Pitfall Traps. – Zool. Anz. **202** (3/4): 177-184

Arndt, E. & M. ARNDT 1987. Auswertung der Bodenfallenfänge von Carabidenlarven (Coleoptera) im Hakel (Nordharzvorland). – Hercynia N. F. **24** (1): 22-33

Baars, M. A. 1979. Catches in Pitfall Traps in Relation to Mean Densities of Carabid Beetles. – Oecologia **41** (1): 25-46

– – 1979/80. Patterns of Movement of Radioactive Carabid Beetles. – Oecologia **44**: 125-140

Bährmann, R. 1976. Vergleichende Untersuchungen der Ergebnisse verschiedener Fangverfahren an brachyceren Dipteren aus dem Naturschutzgebiet "Leutratal" bei Jena (Thür.). – Entom. Abh. Mus. Tierk. Dresden **411**: 19-47

Balogh, J. 1958. Lebensgemeinschaften der Landtiere. – Akademie-Verlag, Berlin: 1-560

Banerjee, B. 1970. A Mathematical Model on Sampling Diplopods Using Pitfall Traps (Short Communication). – Oecologia **4**: 102-105

Bauer, T. 1979. Die Feuchtigkeit als steuernder Faktor für das Kletterverhalten von Collembolen. – Pedobiologia **19** (3): 165-175

Bombosch, S. 1962 Untersuchungen über die Auswertbarkeit von Fallenfängen. – Z. angew. Zool. **49**: 149-160

Braune, F. 1974. Kritische Untersuchungen zur Methodik der Bodenfalle. – Diss. math.-naturw. Fakultät d. Christian-Albrechts-Univ. Kiel

Breymeyer, A. 1966. Relations between wandering spiders and other epigeic predatory Arthropoda. – Ekol. Pol. **14**: 27-71

De Keer, R. & J.-P. MAELFAIT 1988. Observations on the life cycle of *Erigone atra* (Araneae, Erigonidae) in a heavily grazed pasture. – Pedobiologia **32**: 201-212

Dennison, D. F.& I. D. HODKINSON 1984a. Structure of the predatory beetle community in a woodland soil ecosystem. III. Seasonal activity patterns as revealed by pitfall trapping. – Pedobiologia **26**: 45-56

– – 1984b. Structure of the predatory beetle community in a woodland soil ecosystem. IV. Population densities and community composition. – Pedobiologia **26**: 157-170

Dunger, W. 1963. Praktische Erfahrungen mit Bodenfallen. – Ent. Nachr. **7** (3): 41-46

– – & H.-D. Engelmann 1978. Testversuche mit immissionsgeschützten Bodenfallen für Mikroarthropoden. – Pedobiologia **18** (5/6): 448-454

– – & H. J. Fiedler (Hrsg.) 1989: Methoden der Bodenbiologie. – Jena: Gustav Fischer Verlag: 1-432

Engelmann, H.-D. 1978. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. – Pedobiologia **18** (5/6): 378-380

Ericson, D. 1979. The interpretation of pitfall catches of *Pterostichus cupreus* and *Pt. melanarius* (Coleoptera, Carabidae) in cereal fields. – Pedobiologia **19** (5): 320-328

Fechter, H. 1977. Über den funktionalen Zusammenhang zwischen Populationsdichte, Ausbreitungsvermögen und Fangmenge bei Bodenfallen. – Spixiana **1** (1): 3-15

Flatz, U. 1986. Zur Biologie und Ökologie epigäischer Wiesenspinnen des Innsbrucker Mittelgebirges (Nordtirol, Österreich). – Actas X. Congr. Aracnol. Jaca/Espana **I**: 225-230

Franke, U., Friebe, B.& L. BECK 1988. Methodisches zur Ermittlung der Siedlungsdichte von Bodentieren aus Quadratproben und Barberfallen. – Pedobiologia **32**: 253-264

Geiler, H. 1954/55. Die Zusammensetzung der während der Jahre 1952 und 1953 in Bodenfallen gefangenen niederen Tierwelt einer mitteldeutschen Feldflur. – Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math-nat. Reihe **4**: 41-46

– – 1963. Die Spinnen- und Weberknechtfauna nordwestsächsischer Felder (Die Evertebratenfauna mitteldeutscher Feldkulturen V). – Z. angew. Zool. **50** (3): 87-103

– – & C. Bellmann 1974. Zur Aktivität und Dispersion der Carabiden in Fichtenforsten des Tharandter Waldes. – Faun. Abh. **51**: 1-71

Goddard, S. J. 1979. A modified heat extractor for separating arthropods from deciduous woodland litter. – Pedobiologia **19** (1): 26-33

Gottschalk, C. 1958. Zur Anlockung von Staphyliniden durch chemische Substanzen. – Beitr. Ent. **8** (1/2): 78-80

Granström, U. 1973. Pitfall traps for studying the activity of ground living spiders (Araneida). – Aquilo Ser. Zool. **14**: 93-98
Greenslade, P. & P. J. M. GREENSLADE 1971. The use of baits and preservativs in pitfall traps. – J. Austr. Ent. Soc. **10**: 253-260
Greenslade, P. J. M. 1973. Sampling ants with pitfall traps: digging-in-effects. – Insectes Sociaux, Paris **20** (4): 343-353
Grimm, R, Funke, W. & J. Schauermann 1974. Minimalprogramm zur Ökosystemanalyse: Untersuchungen an Tierpopulationen in Wald-Ökosystemen. – Verh. Ges. Ökol.: 77-87
Grüm, L. 1971a. Spatial Differentiation of the *Carabus* L. (Carabidae, Coleoptera) Mobility. – Ekol. Pol. **19**: 1-34
-- 1971b. Remarks on the Differentiation in Carabidae Mobility. – Ekol. Pol. **19**: 47-56
Heydemann, B. 1956a. Über die Bedeutung der "Formalinfallen" für die zoologische Landesforschung. – Faun. Mitt. Norddeutschl. **6**: 19-24
-- 1956b. Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. – Verh. Dt. Zool. Ges. Hamburg: 332-347
-- 1961a. Verlauf und Abhängigkeit von Spinnensukzessionen im Neuland der Nordseeküste. – Zool. Anz. Suppl. **24**: 431-457
-- 1961b. Untersuchungen über die Aktivitäts- und Besiedlungsdichte bei epigäischen Spinnen. – Zool. Anz. **24**: 538-556
Honek, A. 1988. The effect of crop density and microclimate on pitfall trap catches of Carabidae, Staphylinidae (Coleoptera), and Lycosidae (Araneae) in cereal fields. – Pedobiologia **32** (3/4): 233-242
Janetschek, H. (Hrsg.) 1982. Ökologische Feldmethoden. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 1-175
Joosse, E. N. G. 1965. Pitfall-trapping as a method for studying surface dwelling Collembola. – Z. Morph. Ökol. Tiere **55**: 587-596
-- & J. M. Kapteijn 1968. Activity-Stimulating Phenomena Caused by Field-Disturbance in the Use of Pitfall Traps. – Oecologia **1**: 385-392
Kaczmarek, W. 1978. Die lokomotorische Aktivität der Bodenfauna als Parameter der trophischen Struktur und der Sukzession von Waldökosystemen. – Pedobiologia **18**: 434-441
Kirchberg, E. 1969. Über den Aussagewert der Fangergebnisse von Insektenfallen. – Dt. Entom. Z. N. F. **16** (I/III): 131-139
Knopf, H. E. 1962. Vergleichende ökologische Untersuchungen an Coleopteren aus Bodenoberflächenfängen in Waldstandorten auf verschiedenem Grundgestein. – Z. angew. Ent. **49**: 352-362
Kuschka, V. 1986. Beitrag zur Ökologie und Faunistik der Lycosiden (Araneae) in Feucht-Ökosystemen des NSG "Gülper See". – Diplomarb. PH Potsdam.
-- , Lehmann, G. & U. MEYER 1987. Zur Arbeit mit Bodenfallen. – Beitr. Entom. **37** (1): 3-27
Loreau, M. 1984. Population density and biomass of Carabidae (Coleoptera) in a forest community. – Pedobiologia **27**: 269-278
-- 1987. Vertical distribution of activity of carabid beetles in a beech forest floor. – Pedobiologia **30** (3): 173-178
Löser, S. 1971. Art und Ursachen der Verbreitung einiger Carabidenarten (Coleoptera) im Grenzraum Ebene-Mittelgebirge. – Diss. math.-nat. Fak. Univ. Köln
Luff, M. L. 1975. Some Features Influencing the Efficiency of Pitfall Traps. – Oecologia **19**: 345-357
Mletzko, G. 1972. Ökologische Valenzen von Carabidenpopulationen im Fraxino-Ulmetum (Tx 52, Oberst 53). – Beitr. Entom. **22**: 471-485
Müller, G. 1976. Die Bodenfallentechnik und ihre Bedeutung für die Entomofaunistik. – Entom. Ber. **2**: 79-84
-- 1978. Parameter für Carabiden-Sukzessionen auf der Basis von Aktivitätsdichte-Werten. – Pedobiologia **18** (5/6): 442-447
Müller, H. J. 1984. Ökologie. – Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-395
Müller, J. K. 1984. Die Bedeutung der Fallenfang-Methode für die Lösung ökologischer Fragestellungen. – Zool. Jb. Syst. **111** (3): 281-305
-- 1986. Anpassungen zur intraspezifischen Konkurrenzverminderung bei Carabiden (Col.). – Zool. Jb. Syst. **113**: 343-352
Müller-Motzfeld, G. & M. Hartmann 1985. Semiedaphische Coleopteren im NSG Peenetalmoor. – Naturschutzarbeit in Mecklenburg **28**: (1): 25-32
Nelemans, M. N. E. 1986. Marking techniques for surface-dwelling Coleoptera larvae. – Pedobiologia **29**: 143-146
Novak, B. 1969. Bodenfallen mit grossem Öffnungsdurchmesser zur Untersuchung der Bewegungsaktivität von Feldcarabiden (Col. Carabidae). – Acta Univ. Palack. Olomuc. Fac. Rer. Nat. **31**: 71-86
Obrtel, R. 1971. Number of Pitfall Traps in Relation to the Structure of the Catch of Soil Surface Coleoptera. – Acta ent. bohem. **68**: 300-309
Petrusewicz, K. (ed.) 1967. Secondary Productivity of Terrestrial Ecosystems. – Proc. Working Meeting Jablonna 31.8.-6.9. 1966. Warszawa, Krakow

Petruska, F. 1969. K Moznost uniku jednotlivych slozek epigeicke fauny Poli z formalinovych zemnich pasti (Coleoptera). – Acta Univ. Palack. Olomuc. Fac. Rer. Nat. **31**: 99-124

Renner, F. 1986. Zur Nischendifferenzierung bei *Pirata*-Arten (Aranaeida, Lycosidae). – Verh. naturw.. Ver. Hamburg NF **28**: 75-90

Renner, K. 1981/82. Coleopterenfänge mit Bodenfallen am Sandstrand der Ostseeküste, ein Beitrag zum Problem der Lockwirkung von Konservierungsmitteln. – Faun.-Ökol. Mitt. **5**: 137-146

Roth, M. 1984/85. Die Coleopteren im Ökosystem "Fichtenforst", I. Ökologische Untersuchungen. – Zool. Beitr. N. F. **29**: 227-294

Růžička, V. 1982. Modifications to improve the efficiency of pitfall traps. – Brit. Arachnol. Soc. The Secretary's Newsletter **34**: 2-4

– – 1982-1984. The Size Groups in the Spiders (Araneae) and Carabids (Col., Carabidae). – Acta Univ. Carol. – Biologica: 77-107

– – 1987. An Analysis of Spider Communities in the Meadows of the Trebon Basin. – Acta Sc. Nat. Brno **21** (5): 1-39

– – 1988a): Pavouci sumavskych suti a balvanovych mori. Sbor. Jihoces. – Muz. Čes. Budejovicich Prir. Vedy **28**: 73-82

– – 1988b. The longetimely exposed Rock debris Pitfalls. – Vest. čs. Spolex. zool. **52**: 238-240

Schaefer, M. 1972. Ökologische Isolation und die Bedeutung des Konkurrenzfaktors am Beispiel des Verteilungsmusters der Lycosiden einer Küstenlandschaft. – Oecologia **9**: 171-202

Schwerdtfeger, F. 1975. Ökologie der Tiere, Band III: Synökologie. – Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin: 1-451

Seifert, B. 1990. Wie wissenschaftlich wertlose Fangzahlen entstehen – Auswirkungen artspezifischen Verhaltens von Ameisen an Barberfallen direkt beobachtet. – Entom. Nachr. Ber. **34** (1): 21-27

Skuhravý, V. 1956a. Studium Pohybu Nekterych Strevlikovitych Znackovanim Jedincu (Bewegungsareal einiger Carabidenarten). – Acta Soc. entomol. Cech. **LIII**: 171-179

– – 1956b. Fallenfang und Markierung zum Studium der Laufkäfer. – Beitr. Entom. **6** (5/6): 285-287

– – 1964. Probleme der Feldentomozönosenforschung. – Tagungsber. Dt. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR **60**: 62-79

– – 1970. Zur Anlockungsfähigkeit von Formalin für Carabiden in Bodenfallen. – Beitr. Entom. **20** (3/4): 371-374

Southwood, T. R. E. 1969. Ecological Methods, with particular Reference to the Study of Insect Populations. London.

Stein, W. 1965. Die Zusammensetzung der Carabidenfauna einer Wiese mit stark wechselnden Feuchtigkeitsverhältnissen. – Z. Morph. Ökol. Tiere **55** (1): 83-99

Tembrock, G. 1982. Spezielle Verhaltensbiologie der Tiere, Bd. I: Funktionskreise, Wirbellose. – Gustav Fischer Verlag, Jena

Thiele, H.-U. 1977. Carabid Beetles in Their Environment, A Study on Habitat Selection by Adaptations in Physiology and Behaviour. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

Thomas, D. B., JR. & E. L. Sleeper 1977. The Use of Pit-fall Traps for Estimating the Abundance of Arthropods, with Special Reference to the Tenebrionidae (Coleoptera). – Ann. Entomol. Soc. Amer. **70** (2): 242-248

Tischler, W. 1955. Synökologie der Landtiere. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 1-414

Tretzel, E. 1955. Technik und Bedeutung des Fallenfanges für ökologische Untersuchungen. – Zool. Anz. **155**: 276-287

v. Tschirnhaus, M. 1981. Die Halm- und Minierfliegen im Grenzbereich Land – Meer der Nordsee. – Eine ökologische Studie mit Beschreibung von zwei neuen Arten und neuen Fang- und Konservierungsmethoden (Diptera: Chloropidae et Agromyzidae). – Spixiana Suppl. **6**: 1-405

Uetz, G. W.& J. D. Unzicker 1976. Pitfall trapping in ecological studies of wandering spiders. – J. Arachnol. **3**: 101-111

Vlijm, L. & C. J. J. Richter 1966. Activity fluctuations of *Pardosa lugubris* (Walckenaer), Araneae, Lycosidae, during the breeding-season. – Entomol. Berichten **26**: 222-230

Voigtländer, K. 1983. Chilopoden aus Fallenfängen im Waldgebiet Hakel, nordöstliches Harzvorland der DDR. – Hercynia N. F. **20** (1): 117-123

Weber, E. 1980. Grundriß der biologischen Statistik. 8. überarb. Aufl. – Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-652

Wilbert, H. 1962. Über Festlegung und Einhaltung der mittleren Dichte von Insektenpopulationen. – Z. Morphol. Ökol. Tiere **50**: 576-615